tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 57 nr. 4 1992

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, 2260 AA Leidschendam. Gironummer 94746
t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

De vereniging stelt zich ten doel het wetenschappelijk onderzoek op het gebied van de elektronica en de informatietransmissie en -verwerking te bevorderen en de verbreiding en toepassing van de verworven kennis te stimuleren.

Het genootschap is lid van de Convention of National Societies of Electrical Engineers of Western Europe (Eurel).

BESTUUR

LIDMAATSCHAP

Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris.
Het lidmaatschap staat open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbaar lidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt *f* 60,– per jaar.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium contact op te nemen met de voorzitter van de redactiecommissie.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt *f* 60,–. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

REDACTIECOMMISSIE

ONDERWIJSCOMMISSIE

RADIOPAGING
DE EVOLUTIE VAN EEN VERTROUWD TELECOMMUNICATIE CONCEPT

Ir. A. van Ardenne
Ericsson Radio Systems B.V.

Introductie

De voortdurende aandacht voor nieuwe draadloze telefonieconcepten, lijkt vaak het karakter te krijgen van een nietes/welles discussie en gaat veelal voorbij aan de specifieke appreciatie die de diverse technologische oplossingen samenhangend hebben te bieden. Complementariteit, publieke vs. privé toepassingen en vandaag vs. morgen, bepalen derhalve minder de discussie dan de technologische noviteiten.

Hierdoor ontgaat velen de evolutie van maatschappelijk zeer relevante en reeds langer bestaande telecomconcepten als PMR en Radiopaging.

Ofschoon paging zich voornamelijk als een 1-weg communicatiekanaal manifesteert, zal blijken dat in het telecomspeelveld deze service een belangrijke complementaire bijdrage aan mobiele communicatie levert.

In kort bestek wordt hier aandacht gegeven aan radiopaging in een historische context. Tevens wordt een vergelijk gemaakt tussen On-site en Wide-area paging en worden enkele nieuwe ontwikkelingen genoemd. In technische zin zal blijken dat de integratiegraad van moderne ontvangers hoog is met eisen t.a.v. een batterijgebruik waarbij ASICS en low voltage/ low power circuits een belangrijke rol spelen.

Een historisch perspectief

Het blijkt niet altijd nodig of zelfs wenselijk dat een ontvanger van een boodschap een retourmelding verzorgt. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een ziekenhuisomgeving. Van hieruit ontstond in de jaren vijftig de behoefte aan een "persoonlijk" attenderingssysteem voor artsen en verplegend personeel. Hier werd aan voldaan door een eenvoudig inductief lussysteem waarin elke ontvanger op zijn eigen frequentie was afgestemd.

Een draaggolf van zo'n 35 kHz werd in dit systeem door audiofrequenties gemoduleerd.

Dit systeem had ernstige beperkingen t.a.v. aantallen gebruikers en van de oproepsnelheid en de ontwikkelingen vanaf de zestiger jaren zijn illustratief voor deze behoeften. Hierbij moest tevens worden voldaan aan de vraag om in bepaalde situaties gecompliceerdere boodschappen te verzenden dan een eenvoudig attenderingssignaal.

Het werkingsgebied is tevens uitgebreid van on-site paging naar de publieke sfeer ic. wide-area paging. Van dit laatste is het in Nederland bekende zgn. semafoonnetwerk een voorbeeld.

Recente, aanvankelijk door CEPT momenteel door ETSI ondersteunde standaardiseringsaktiviteiten beogen zelfs een Europees Pagingsysteem dat grensoverschrijdende oproepmogelijkheden van alphanumerieke boodschappen toestaat; het European Radio Messaging System (ERMES). Tabel 1 [1] toont een beknopt overzicht van belangrijke Radiopaging ontwikkelingen.

TABEL 1 Paging Milestones since 1963

Name	Milestones	Date	Location
BELLBOY	City wide public service	1963	Washington
SEMAPHONE	National public service	1964	Netherlands
EUROSIGNAL	Pan-European service	1967	Europe
SWAP	Digital paging service	1969	Canada
MBS	National digital broadcast service	1970	Sweden
SWAP	UK paging service opens	1975	UK
POCSAG	Manufacturers agree common digital standard	1978	London
NTT	Japan opens digital paging service	1978	Tokyo
POCSAG	POCSAG service opens	1981	London
RPC 1	CCIR recommend POCSAG	1982	Geneva
POCSAG	All manufacturers offer POCSAG	1986	World
ERMES	New pan-European standard study	1987	CEPT
POCSAG	Three nation paging service	1990	FR,FRG,UK
ERMES	Pan-European standard	1990	Europe
POCSAG	Pan-European satellite paging	1990	Europe
ERMES	Pan-European service	1992	Europe

Inductieve lussystemen zijn voor specifieke toepassingen nog steeds in trek o.a. door hun relatieve eenvoud en goed gedefinieerd antenne veld. Nadeel is de vrij grote storingsgevoeligheid in bijvoorbeeld een computeromgeving. De meeste systemen opereren in het frequentiegebied van ongeveer 25-50 kHz, maar het behoefte pakket is ook gepaard gegaan met een accent verschuiving van inductief naar radio in de HF, VHF en UHF frequentiebanden.

Technisch zijn de wensen hoofdzakelijk vertaald in meertonige systemen en vervolgens in systemen waarin diverse versies van digitale datastructuren zijn terug te vinden. In de meertonige systemen (zgn. sequential signalling) wordt het individuele ontvanger nummer bepaald door de specifieke volgorde van een beperkt aantal net van elkaar verschillende draaggolffrequenties. Het vooral in Frankrijk, Duitsland en Zwitserland in gebruik zijnde "Eurosignal"-systeem is een nog bestaand voorbeeld, waarbij tevens grensoverschrijdende oproepen mogelijk zijn. Deze zijn echter beperkt tot tone-only boodschappen.

Een techniek waarin ook numerieke boodschappen mogelijk zijn, werd ontwikkeld in Zweden (MBS) en is gebaseerd op het verzenden van paginginformatie door modulatie van een subcarrier met gebruikmaking van bestaande FM-zenders [2]. Deze techniek is in diverse Europese landen en in Canada en de US in gebruik maar heeft als nadelen hogere pagerkosten, onzekere ontvangst en relatief lage baudrate.

Verschillende fabrikanten van on-site paging systemen hebben vaak hun eigen versie van digitale datastructuren (zgn. digital signalling) die naast tone-only ook numerieke en alphanumerieke boodschappen mogelijk maken.
In Engeland werd eind jaren zeventig het zgn. POCSAG formaat door diverse fabrikanten geadopteerd en vervolgens door CCIR als Radiopaging Code no.1 (RPC1) gestandaardiseerd. Zie Tabel 1. Systemen op basis van dit flexibele digitale dataformaat, zijn inmiddels dermate verbreid dat dit de facto een wereldstandaard is geworden!
Moderne ontwikkelingen als ERMES zijn eveneens uitsluitend op digital signalling gericht.

Karakteristieke eigenschappen

Ofschoon de pagingmarkt sterk in beweging is, zijn er mede vanuit de verschillende achtergronden een aantal verschillen tussen On-site paging systemen en Wide-area paging. Deze zijn in Tabel 2 voor de belangrijkste systeemconcepties samengevat.

TABEL 2 On-Site Paging & Wide-Area Paging

Main Characteristics

	OPS	WAP
Usage	Private	Public
Features	Customized, Specials Speech, Talk-back	Common
Response	Immediate Secure	Quasi-realtime Calculated risk
Display	Beep-only (alpha)Numeric	Same
Format (typ.)	Proprietary	POCSAG (BCH 32/31 Golay Seq. Code
Datarate (Bit/s) (typ.)	450, 1200	512, 1200 6250 (ERMES)
Modulation	2-FSK	2-FSK 4-FSK (ERMES)
Channelwidth	10, 12.5, 20, 25 kHz	20, 25 kHz
Freq. Bands	LF: <150 kHz HF: 25-50 MHz VHF: 150 MHz (talk-back) UHF: 450 MHz	 150, 280 MHz 450, 900 MHz
Costs (user)	System Maintenance	Portable (Rec.) Per call

On-site paging richt zich op de fabricage en verkoop van klantgerichte systeem oplossingen waarvan de eindgebruiker na koop systeembeheerder wordt. Via de bijgeleverde ontvanger(laad) inrichtingen is het systeem in staat bij te houden of een pagerdrager aan- dan wel afwezig is. Naast verschillende typen ontvangers zijn vaak enkele terugspraakontvangers bijgeleverd. Ontvangers in batterij uitvoering hebben een laag (rust)stroom verbruik van de orde van enkele tientallen microampères en zijn meestal ook in accu uitvoering verkrijgbaar. Afgezien van ontvanger verschillen ten aanzien van de display (inkl. tone-only) zijn ook intrinsic-safe uitvoeringen verkrijgbaar. Naast stand-alone systemen, is koppeling aan andere systemen zoals de eigen PABX, een processcontrol systeem en/of een alarmeringssysteem, gemeengoed. Hierdoor is de markt van de "healthcare"sektor uitgebreid naar de industriële- en de kantooromgeving.

Bij wide-area paging is de fabrikant vaak uitsluitend leverancier van de ontvanger welke via een operator aan de eindgebruiker wordt geleverd. De ontvangers zijn eveneens met verschillende displaymogelijkheden verkrijgbaar en zijn uitgerust met een batterij. Ontvanger oproepen dienen aan de operator te worden vergoed en zijn uiteraard afhankelijk van de vorm van de service.
De Cost-of-ownership van beide type paging systemen worden derhalve bepaald door de specifieke gebruikerssituatie.

Ofschoon paging vaak met tone-only oproepen wordt geïdentificeerd, blijkt dit momenteel alleen nog in merendeel het geval bij Wide-area paging. Bij On-site paging is het aantal van dit type ontvangers beperkt tot vaak minder dan 25% per systeem. Het merendeel bestaat uit ontvangers met 5 tot 10 cijferige numerieke displays met daarnaast een groeiende markt voor alpha numerieke ontvangers tot zelfs 80 karakters toe. Dit is mede een gevolg van de koppeling aan andere systemen waardoor langere boodschappen zijn gewenst.
De tendens naar boodschappen met een grotere informatieinhoud is echter ook te bespeuren op de Wide-area paging markt, waardoor de air-time van de boodschap voor de operator van belang wordt. Dit in kombinatie met de grote verkeersdrukte in bijvoorbeeld stadsgebieden en gegeven een beperkte frequentieallocatie, stelt hoge eisen aan de adresseringscapaciteit van het codeformaat in relatie tot een callrate. Dit is geïllustreerd in Tabel 3 [uit 3] voor een aantal gangbare systemen/codeformaten.

TABEL 3 Population coverage for a specified messaging for the various paging systems

System	Address Capacity	Call rate per second (tone only)	Max. pager population per channel for traffic-0.1 calls/sub/busy hour					
			Tone only		10CH Numeric		40CH Alpha	
			None-Tone	A-Zone	None-Tone	A-Zone	None-Tone	A-Zone
EIA	3.5×10^3	0.21	3.5k	3.5k	–	–	–	–
EIA	1×10^5	4.70	100k	80k				
Euro signal	7.5×10^6	1.20	40k	20k				
NTT	4×10^6	5.50	180k	90k	60k	30k	10k	6k
GSC	4×10^6	3.30	110k	50k	50k	26k	18k	9k
POCSAG	8×10^6	15.06	490k	240k	163k	80k	32k	15k
POCSAG	8×10^6	35.30	1.1M	560k	380k	180k	75k	35k
ERMES*	60×10^6	140	4.6M	2.3M	1.5M	700k	300k	140k

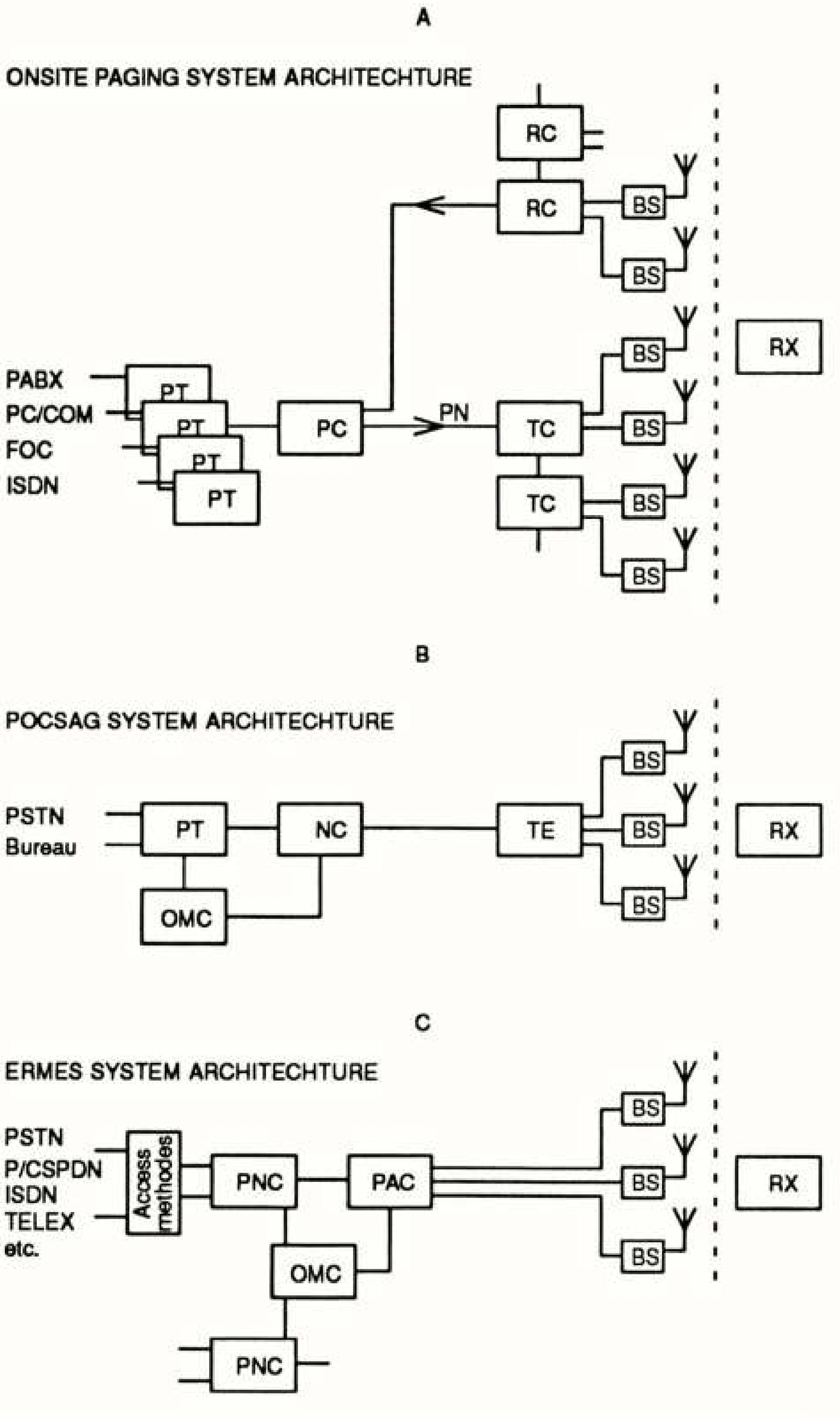
* The figures used here are provisional

Bij On-site paging is een (extreem) grote adresseringscapaciteit minder van belang, zodat deze eis kan worden ingeruild voor de eis dat het code formaat ruimte moet bieden ten aanzien van eisen van laag batterijverbruik. Dit speelt te meer een rol omdat een aan/uit schakelaar op dit type ontvangers veelal ontbreekt wegens de eis van oproepbaarheid.

Systeemopzet en gebruikte technieken

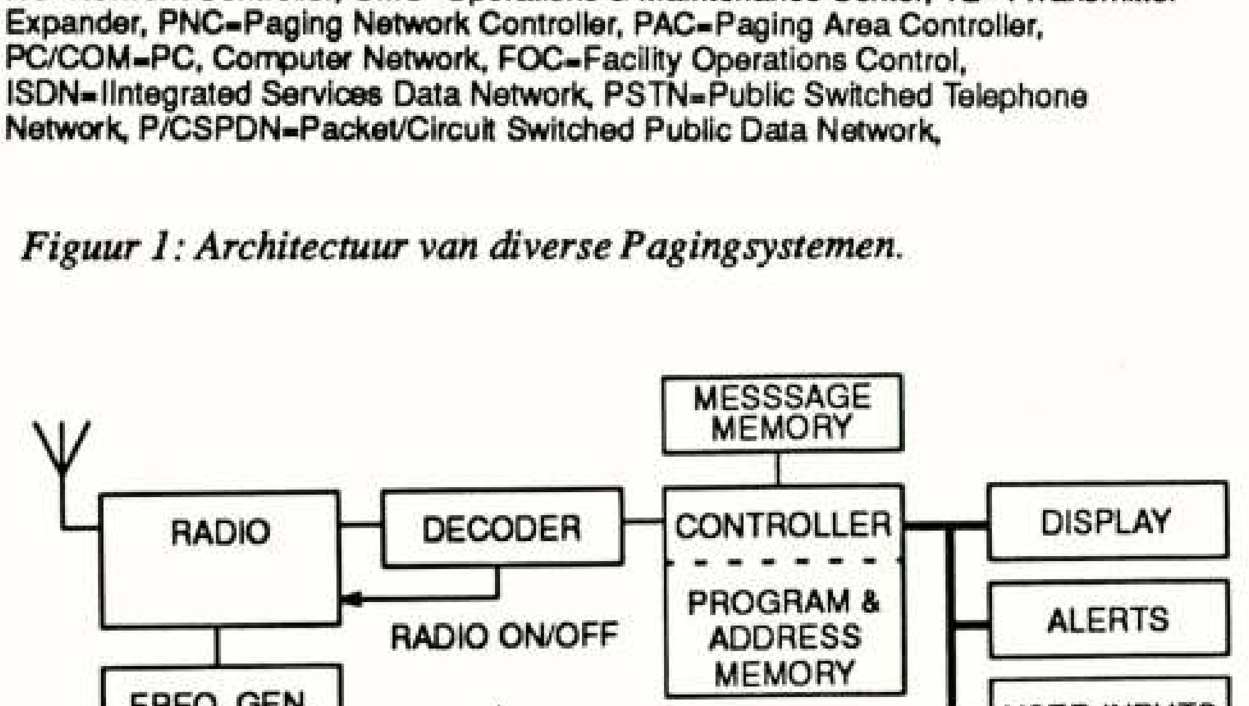
Figuur 1a toont schematisch de architectuur van een modern On-site paging systeem. Hierin is de flexibele koppeling naar publieke- en andere in-house systemen en de mogelijkheid van (terug)spraak, aangegeven.

Tevens is de mogelijkheid aangegeven van meerzendergebruik bij uitgebreide lokaties i.v.m. het beperkte vermogen dat per zender is toegestaan; in enkele praktijksituaties zijn zenders op diverse "sites" gekoppeld via modems. Grote systemen kunnen daardoor uit enkele duizenden pagers bestaan waarbij de eisen t.a.v. adressering en call-rate opschuiven in de richting van WAP-systeemeisen.
Figuur 1b en 1c tonen de systeemarchitektuur van een POCSAG wide-area systeem en van een ERMES systeem. Duidelijk is de flexibele koppeling van de laatste aan andere publieke (data)netten.



PT= Paging Terminal, PC= Paging Controller, PN=Paging Network, TC=Transmitter Controller, BS=(Transmitter) Base Station, RC=Receiver Controller, RX=Receiver, NC=Network Controller, OMC=Operations & Maintenance Center, TE=TTransmitter Expander, PNC=Paging Network Controller, PAC=Paging Area Controller, PC/COM=PC, Computer Network, FOC=Facility Operations Control, ISDN=IIntegrated Services Data Network, PSTN=Public Switched Telephone Network, P/CSPDN=Packet/Circuit Switched Public Data Network,

Figuur 1: Architectuur van diverse Pagingsystemen.



Figuur 2: Schematische opzet van een display ontvanger.

Figuur 2 toont de schematische opzet van een display ontvanger. Ofschoon qua signaalbehandeling op zichzelf niet spectaculair, is de realisatie gecompliceerd door de vaak geringe afmetingen: afgezien van vormgevingsaspekten en omgevingseisen t.a.v. bijvoorbeeld temperatuur, robuustheid en EMC, worden daardoor hoge eisen gesteld aan de mechanisch/elektrische interrelatie, de elektronische integratiegraad en het geringe batterijverbruik.

De tendens is daardoor de radio conceptueel te vereenvoudigen en te integreren door gebruik te maken van geschikte submicron technologieën. In een latere ontwikkeling zou de analoog/digitale CMOS decoder (ook veelal een ASIC) in een geschikt BICMOS-proces met de radio en/of controller gecombineerd kunnen worden. T.a.v. de controller en user-interface worden vaak eenvoudige en bekende 4-bit processors en gesegmenteerde numerieke displays toegepast maar in enkele gevallen wordt al gebruik gemaakt van state-of-the-art low power/low voltage 8-bit controllers in combinatie met 80 karakter alphanumerieke displays en SRAM/s tot 128kB.

Met vrucht kan gebruik worden gemaakt van geringe component afmetingen en small-outline IC-packages eventueel in combinatie met Chip-on-Board en Tape-Automated Bonding technieken.

Verdere Ontwikkelingen

Vaak willen On-Site pager dragers na de "site" te hebben verlaten, toch bereikbaar blijven. Momenteel zijn er systemen in de handel die een koppeling tussen deze systemen tot stand brengen waardoor iemand toch vanuit de "centrale" oproepbaar blijft. Vooral in Duitsland is vanwege het daar ontwikkelde "Cityruf" gebeuren, ook een toenemende wens om met een enkele pager in een uitgestrektere omgeving bereikbaar te blijven.

Naarmate het aanbod van data dat door het paging netwerk dient te worden verwerkt, toeneemt, zal het belang van een hogere transmissiecapaciteit toenemen. Hierbij speelt een adequaat niveau van dataverwerkingscapaciteit [3] binnen de specifieke eigenschappen en eisen van een paging ontvanger een belangrijke rol. In enkele gevallen is voor WAP een verdubbeling van de bitsnelheid naar 2400 bit/sec al commercieel gemaakt terwijl ERMES een verhoging naar 6.25 kbit/sec mogelijk maakt.

In het voorgaande is ook gewezen op het belang van ERMES voor grensoverschrijdend Europees paging verkeer; de gebruiker blijft hierbij gebruik maken van zijn eigen ontvanger. Recente ontwikkelingen[4] in bijvoorbeeld Canada, de U.S. en Z.O.Azië gaan uit van het koppelen van netwerken om een wereldwijde bereikbaarheid te realiseren. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van satellietverbindingen. Ofschoon inter-nationale bereikbaarheid op beperkte schaal nu reeds mogelijk is door een paging boodschap naar een verre gebruiker te versturen, is de ideale situatie van een wereldwijd te gebruiken, universele pager nog niet in zicht.

Conclusie

Uit het voorgaande is duidelijk geworden dat Radiopaging door zijn specifieke eigenschappen een kosteneffektieve oplossing zal blijven bieden, naast de zich stormachtig ontwikkelde andere vormen van draadloze telecommunicatie.

Literatuur

[1] R.C.V. Macario (Ed.), "Personal & Mobile Radio Systems", Ch7: T.K. Sharpe, "Paging Systems", Peter Peregrinus Ltd., London, 1991 (rep.1992), ISBN 0-86341-219-X

[2] J. Walker (Ed.), "Mobile Information Systems", Ch5: S.R. Ely and D.J. Jeffery, "Traffic Information Broadcasting and RDS", Artech House, Bouston, London, 1990, ISBN 0-89006-340-0

[3] A. Yarwood, W.M. Holmes, A.C. Gidlow, "European radiopaging", Br. Telecom Technol. J., Vol 8, 1, 67-78, 1990

[4] A. Hall, "High speed Paging - The way to the future", Pan-European Mobile Comm., no 10, 106-109, 1992

[5] J. Bhagat, "National and Global Paging Networks", Global Comm., 32-34, May/June 1992.

Voordracht gehouden tijdens de 401e werkvergadering.

DECT, draadloze telecommunicatie voor de toekomst *)

Ir. G.J. Klein Wolterink
Ericsson Business Mobile Networks B.V.

Inleiding

De DECT (Digital European Cordless Telecommunications) standaard is door ETSI (European Telecommunications Standards Institute) ontwikkeld als pan-Europese standaard voor draadloze producten en systemen. In dit artikel wordt verder ingegaan op de achtergronden van de standaard, de mogelijkheden die deze standaard biedt en de technische inhoud.

Het begin: ECTEL, ESPA en CEPT

De oorsprong van DECT gaat terug naar het begin van de jaren tachtig toen zowel producenten als network operators, gestimuleerd door de interesse in analoge draadloze telefoons voor gebruik in en rond het huis, begonnen te kijken naar een volgende generatie draadloze telefoons. Het was duidelijk dat een nieuwe generatie apparatuur ontwikkeld zou kunnen worden, gebruikmakend van digitale technieken. Een digitale radioverbinding zou meer capaciteit opleveren en ook oplossingen bieden voor de interferentie problemen die bij de analoge producten naar voren komen zodra het aantal gebruikers groeit.

Diverse organisaties begonnen met activiteiten om te komen tot een nieuwe standaard. ECTEL – de European Conference of Telecommunications – was een van de eersten op dit gebied. De leden van ECTEL waren producenten van telecommunicatie apparatuur, rechtstreeks vertegenwoordigd of via hun nationale organisaties. ECTEL werkte nauw samen met ESPA (Association of European manufacturers of pocket communications systems). De meeste leden van ESPA waren fabrikanten van personenzoek systemen. De richting die ESPA insloeg was sterk gericht op de zakelijke en de kantooromgeving.

De derde belangrijke organisatie, betrokken bij de standaardisatie activiteiten, was CEPT: het overkoepelende orgaan van de Europese PTT's. In tegenstelling tot de beide andere organisaties bestond CEPT alleen uit nationale (telecommunicatie) network operators. Op die manier kwam er, werkend vanuit drie verschillende richtingen, langzamerhand meer en meer overeenstemming op het gebied van toepassingen en mogelijke technische concepten.

In 1984 begon ESPA een studie om de verschillende technische benaderingen voor draadloze telefonie in een kantooromgeving met elkaar te vergelijken. Het ESPA rapport – dat werd gepubliceerd in 1987 – gaf als aanbeveling TDMA/TDD (Time Division Multiple Acces/Time Division Duplex) aan als het beste technische concept voor gebruik in een kantooromgeving, onder andere vanwege de mogelijkheid om een hoge dichtheid van gebruikers te ondersteunen.

Intussen was ook ECTEL druk bezig met de definitie van de "services and facilities" die zouden moeten worden ondersteund door de nieuwe standaard. Alhoewel in eerste instantie nog uitsluitend gedacht werd aan telefoons voor gebruik in en rond het huis – een vervanging van de bestaande analoge apparaten – verschoof in de loop van de tijd de aandacht naar draadloze telecommunicatie in bredere zin: dus inclusief datacommunicatie in plaats van alleen telefonie.

In 1985 verscheen CEPT op het toneel. De leden werden uitgenodigd om technische voorstellen te doen voor een nieuwe standaard voor draadloze telefonie. Er werden twee voorstellen ingediend: een FDMA/TDD (Frequency Division Multiple Acces/Time Division Duplex) oplossing die was ontwikkeld door een aantal Engelse fabrikanten en die werd ondersteund door de Engelse DTI (Department of Trade and Industry); en een TDMA/TDD oplossing die werd ingediend door de Zweedse PTT (Televerket) en Ericsson, gebaseerd op een concept dat voor het eerst was gepresenteerd aan ESPA in 1983.

Verder binnen ETSI

Beide voorstellen werden zwaar bediscussieerd met de CEPT. Aan het eind van 1987 was het duidelijk dat er een keuze zou moeten worden gemaakt: Europa kon niet twee standaards hebben voor draadloze telefonie, een standpunt dat duidelijk door de Europese Commissie naar voren werd gebracht.

De meeste fabrikanten waren het eens met de keuze van ESPA wat betreft de technische superioriteit van de TDMA/TDD oplossing; met name voor omgevingen met een hoge gebruikersdichtheid. In januari 1988 maakte CEPT de keuze voor TDMA/TDD en al het verdere werk werd voortgezet binnen ETSI, het European Telecommucation Standards Institute, een organisatie opgericht en gesponsord door de Europese Commissie. ETSI verschilt van de eerdergenoemde standaardisatie organisaties omdat hierin fabrikanten en netwerkoperators zijn samengebracht. Op deze manier moe-



*) Dit artikel werd eerder gepubliceerd in het Studieblad PTT Telecom nr. 1, 47e jaargang, januari 1992. Uitgave van PTT Telecom Opleidingen.

ten naar verwachting standaards kunnen worden ontwikkeld die tegemoet komen aan de eisen van beide partijen. ETSI is gehuisvest in Sophia Antipolis, in de buurt van Nice in het zuiden van Frankrijk.

Het belangrijkste orgaan binnen ETSI is de Technical Assembly, die formeel twee keer per jaar bijeenkomt. Aan de Technical Assembly rapporteren twaalf Technical Committees, die verantwoordelijk zijn voor het gedetailleerd specificeren van de standaards.

DECT werd toegewezen aan het Technical Committee voor Radio Equipment and Systems (TC RES). Een subgroep, RES-3, werd opgezet om het werk voor DECT te organiseren. Een Project Team (PT 10) bestaande uit full-time beschikbare deskundigen en uitgeleend aan ETSI door z'n leden, werkte aan de technische details. Alles bij elkaar hebben binnen ETSI zo'n honderd mensen aan de DECT standaard gewerkt. RES-3 werd ondersteund door 3 werkgroepen die aandacht besteedden aan verschillende aspecten van de standaard. RES-3R specificeerde de fundamentele radio parameters; RES-3N specificeerde de protocollen voor de hogere lagen en de interfaces tussen DECT en andere netwerken; en RES-3S hield zich bezig met 'services and facilities' – datgene wat de DECT apparatuur uiteindelijk aan de gebruikers moet kunnen bieden. Het werk begon aan het eind van 1988.

Wat voor standaard wordt het?

In tegenstelling tot een standaard voor recht-toe-recht-aan draadloze telefonie, moest DECT een zeer open standaard worden die een breed scala aan toepassingen bestrijkt. Van eenvoudige digitale draadloze telefoons voor gebruik thuis tot en met toepassingen als het draadloze LAN, van publieke applicaties ('Telepoint') tot en met draadloze bedrijfstelefoon-installaties voor kantooromgevingen met een hoge gebruikersdichtheid, van toepassingen voor spraak of data tot combinaties van beide. In alle gevallen zal het DECT systeem fungeren als een toegangssysteem voor andere netwerken: de DECT standaard specificeert in principe alleen de radio-interface tussen de draadloze terminal en het vaste netwerk en dus niet zoals bij cellulaire systemen (bijvoorbeeld autotelefonie) het geval is ook de volledige netwerk-infrastructuur.

Dit betekent dat bij het ontwerp van de DECT standaard niet alleen rekening is gehouden met de mogelijkheid om DECT apparatuur aan te sluiten op het publieke telefoonnet (PSTN of Public Switched Telephone Network), maar ook bijvoorbeeld op het ISDN (Integrated Services Digital Network), op een GSM netwerk (het nieuwe pan-Europese digitale cellulaire telefoonsysteem), op een packet-switched network gebaseerd op de X.25 standaard (bijvoorbeeld Datanet-1) en op een IEEE LAN (Local Area Network). Dit betekent dat apparatuur die voldoet aan de DECT standaard zeer verschillende vormen aan kan nemen: van een simpele telefoon voor spraakdoeleinden tot en met een zeer uitgebreide op ISDN afgestemde terminal met data en spraakmogelijkheden.

Door de modulaire opbouw van de standaard en de talloze opties wordt de DECT standaard door sommigen dan ook wel vergeleken met een kerseboom waarvan je verschillende vruchten kunt plukken, die je kunt combineren zoals je wilt: fabrikanten kunnen kiezen uit verschillende delen van de standaard om verschillende producten te maken voor verschillende applicaties.

De DECT standaard garandeert in alle gevallen dat de verschillende producten naast elkaar kunnen functioneren.

In bepaalde gevallen is het echter niet voldoende dat verschillende systemen naast elkaar kunnen functioneren maar is het ook wenselijk/noodzakelijk dat de verschillende producten met elkaar kunnen samenwerken: bijvoorbeeld een draadloze telefoon van één fabrikaat met een basisstation van een andere fabrikant. Dit is met name van belang in publieke ('Telepoint') systemen.

Om daaraan tegemoet te komen is de PAP (Public Acces Profile) gedefinieerd: een set specificaties waaraan alle DECT apparatuur bedoeld voor publieke toepassing minimaal moet voldoen.

Volgens een directief van de Europese Commissie moet elk land dat lid is van de Europese Gemeenschap vanaf begin 1992 de DECT frequentieband (1880-1900 MHz) beschikbaar maken voor DECT applicaties. Gedurende het najaar van 1991 is de standaard door een zogenaamde 'public inquiry' fase gegaan. Nadat alle opmerkingen zijn verzameld en verwerkt zal de volledige standaard naar verwachting in het voorjaar van 1992 worden gepubliceerd.

Een technisch overzicht

De volledige DECT standaard bestaat uit 10 delen documentatie.

Physical layer (PHL). Dit deel specificeert radio parameters zoals frequentie, uitgangsvermogen, timing, synchronisatie en verdere zender en ontvanger eigenschappen.

Medium Acces Control layer (MAC). De MAC laag wordt gebruikt voor het opzetten en vrijgeven van verbindingen tussen terminals en vaste apparatuur.
Door gebruik te maken van een 'broadcast'functie in een gereserveerd veld zenden alle vaste zend-ontvangers (basisstations) een baken signaal uit waardoor alle terminals op een van de basisstations (BSS's) kunnen synchroniseren.

Data Link Control layer (DLC). In deze laag wordt zorg gedragen voor betrouwbare dataverbindingen naar de volgende laag, de Network layer. Er wordt onderscheid gemaakt tussen twee verschillende vlakken: de C-plane (control plane) en de U-plane (user plane). De C-plane wordt gebruikt voor signaleringsinformatie. De U-plane biedt een reeks verschillende mogelijkheden. De eenvoudigste is een transparante, onbeschermde mogelijkheid voor spraaktransmissie. Andere mogelijkheden ondersteunen datatransmissie met verschillende niveaus van bescherming.

Network layer (NWK). Dit is de belangrijkste signaleringslaag van de DECT standaard, die de boodschappen specificeert en die worden uitgewisseld tussen de vaste en de draagbare stations voor het opzetten, onderhouden en vrijgeven van verbindingen.

Identities and addressing. Dit deel van de standaard specificeert een unieke identiteit voor elk apparaat dat wordt geproduceerd volgens de DECT standaard.

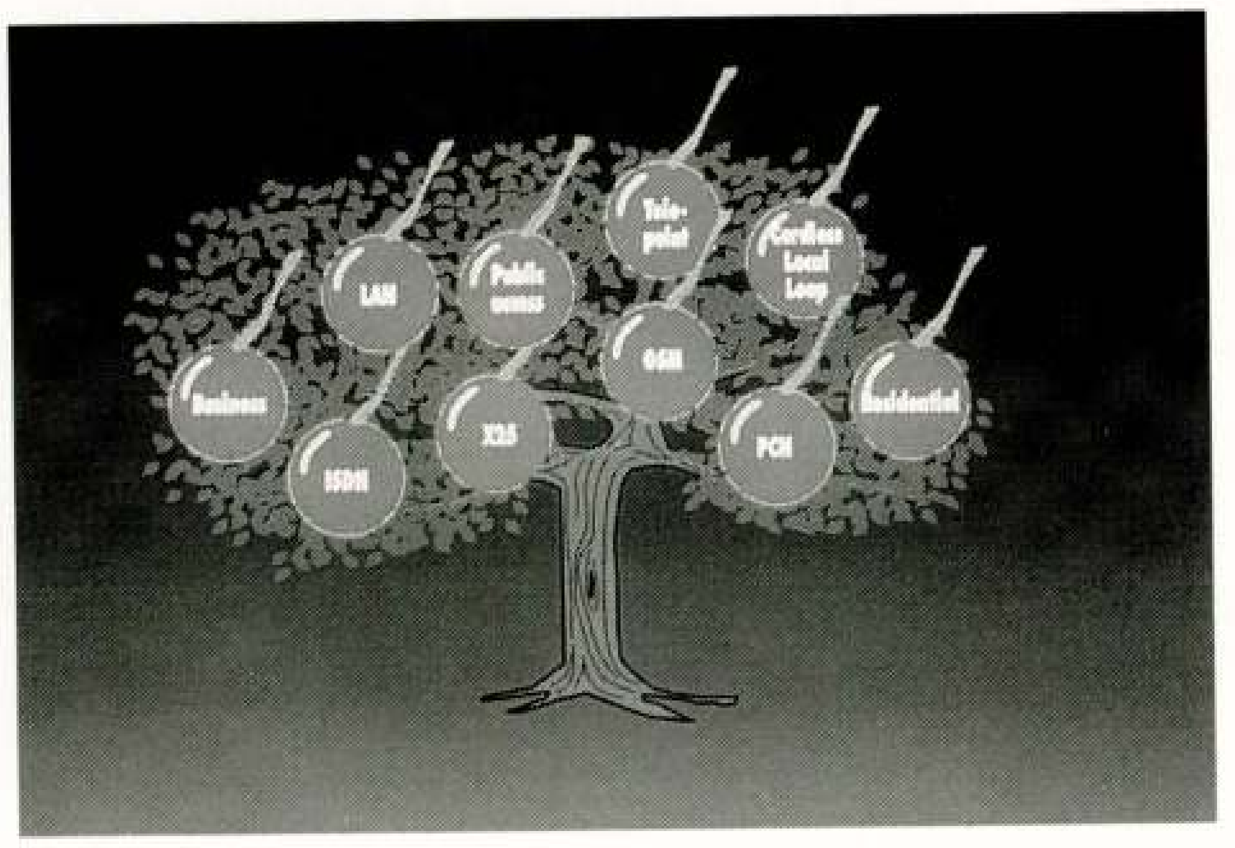
Security features. Een specificatie van de procedures voor de authenticatie van DECT apparatuur en voor de versleuteling van spraak.

Speech coding and transmission. Een specificatie van de digitale codering van spraak voor DECT gebaseerd op een CCITT standaard voor 32 kb/s ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation).

Public access profile (PAP). De PAP is een belangrijk deel van de DECT standaard. Het definieert de minimale eisen waaraan apparatuur moet voldoen die is bedoeld voor publieke toepassingen.

Cryptographic algorithms. Een gedetailleerde specificatie van de algorithmes voor authenticatie van DECT apparatuur en de versleuteling van spraak.

Type Approvals Test Specification. Dit deel specificeert hoe apparatuur getest moet worden om te voldoen aan de nationale eisen. Het is op dit moment nog geen deel van de DECT standaard en heeft de status van een interim standaard.



DECT als "vruchtboom".

Afrondend

DECT is een krachtige standaard die een zeer breed toepassingsgebied ondersteunt. Door de betrokkenheid van fabrikanten, operators en andere instanties bij de standaardisatie activiteiten is een breed draagvlak gecreëerd.

In 1992 zal worden begonnen met het vrijgeven van de benodigde frequenties en zal naar verwachting ook de standaard worden vrijgegeven. Binnen een jaar zullen de eerste producten worden gepresenteerd. Het wachten is dan op de reactie van de markt.

De auteur, ir. G.J. Klein Wolterink, heeft voor de 401e NERG-werkvergadering over dit onderwerp een lezing gehouden onder de titel: Overzicht draadloze telefonie.

Netwerkondersteuning voor koordloze systemen
– Een extra dimensie –

Ir. M.J.J. van Nielen
Koninklijke PTT Nederland N.V., PTT Research

Network support for cordless systems - an extra dimension
Cordless systems in principle only offer user mobility within the coverage region of the cordless system. This 'roaming' area can be the coverage area of a single base station, or, in case of multi-cell systems (cordless PBX), several base stations. By adding extra functionality in the attached infrastructure different forms of inter-system mobility may be offered. This functionality allows for public use of cordless handsets for outgoing calls in case of telepoints, but also incoming calls may be provided for. The paper describes the kind of network functionality required to offer inter-system mobility, an extra dimension for cordless systems.

1. Inleiding

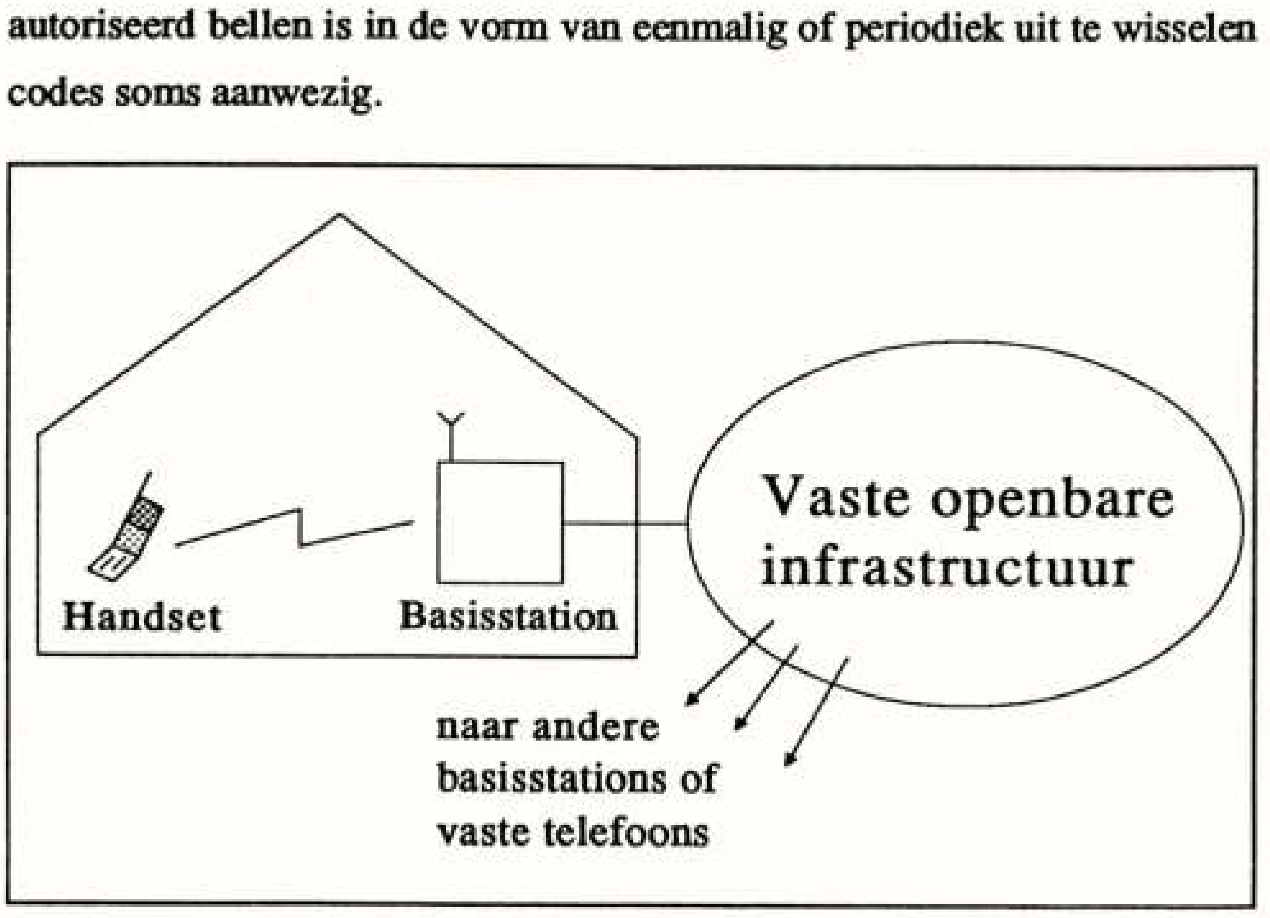
In juni 1992 heeft PTT Telecom de dienst 'Greenpoint' geïntroduceerd. In de nabijheid van 'Greenpoints', opgesteld in een aantal stations en winkelcentra, is het mogelijk om met behulp van een klein draagbaar telefoontje -Kermit- telefoongesprekken te voeren. Vooralsnog is het niet mogelijk gebeld te worden. De kern van 'Greenpoint' wordt gevormd door een koordloos systeem, CT2 genaamd, dat een digitale variant is van koordloze systemen die al in veel huiskamers te vinden zijn. Deze basisopstelling van handset en privé-basisstation is overigens ook mogelijk met 'Greenpoint'.

Welke voorzieningen zijn er nu in de telecommunicatie-infrastructuur nodig om koordloze systemen, in de basisopstelling alleen bedoeld voor thuisgebruik, zodanig uit te breiden dat meer mobiliteit geboden wordt aan gebruikers? Dit artikel gaat in op de aard van de netwerkvoorzieningen die nodig zijn om de gebruiker de mogelijkheid te bieden zijn handset op meerdere koordloze systemen te gebruiken.

2. Basisopstelling van koordloze systemen

De basisopstelling van koordloze systemen bestaat uit een handset en een antennesysteem, ook wel basisstation genoemd, dat voor de aansluiting op het telefoonnet zorgt. Deze basisopstelling is weergegeven in afbeelding 1.

In de basisopstelling kan de gebruiker bellen en gebeld worden binnen het bereik van zijn privé-basisstation. Dit bereik, cel genoemd, is doorgaans beperkt tot zo'n 100 meter. Dit is echter afhankelijk van het zendvermogen. Zo zijn er illegale systemen met een bereik van enkele kilometers. Afhankelijk van het type en het gebruikte transmissiesysteem wordt een bepaalde spraakkwaliteit geboden. Analoge systemen zijn relatief eenvoudig af te luisteren, digitale systemen wat moeilijker. Een beveiliging tegen ongeautoriseerd bellen is in de vorm van eenmalig of periodiek uit te wisselen codes soms aanwezig.



***Afbeelding 1** Basisopstelling*

Afhankelijk van het type koordloze systeem vindt de transmissie tussen handset en basisstation dus op een analoge of digitale manier plaats. 'Nulde' generatie (illegale import) en eerste generatie (CEPT goedgekeurde [1]) koordloze systemen zijn *analoog* en maken gebruik van frequentiemodulatie op respectievelijk voorgeprogrammeerde, of op basis van interferentiemetingen gekozen, frequentiekanalen uit een bepaalde frequentieband.

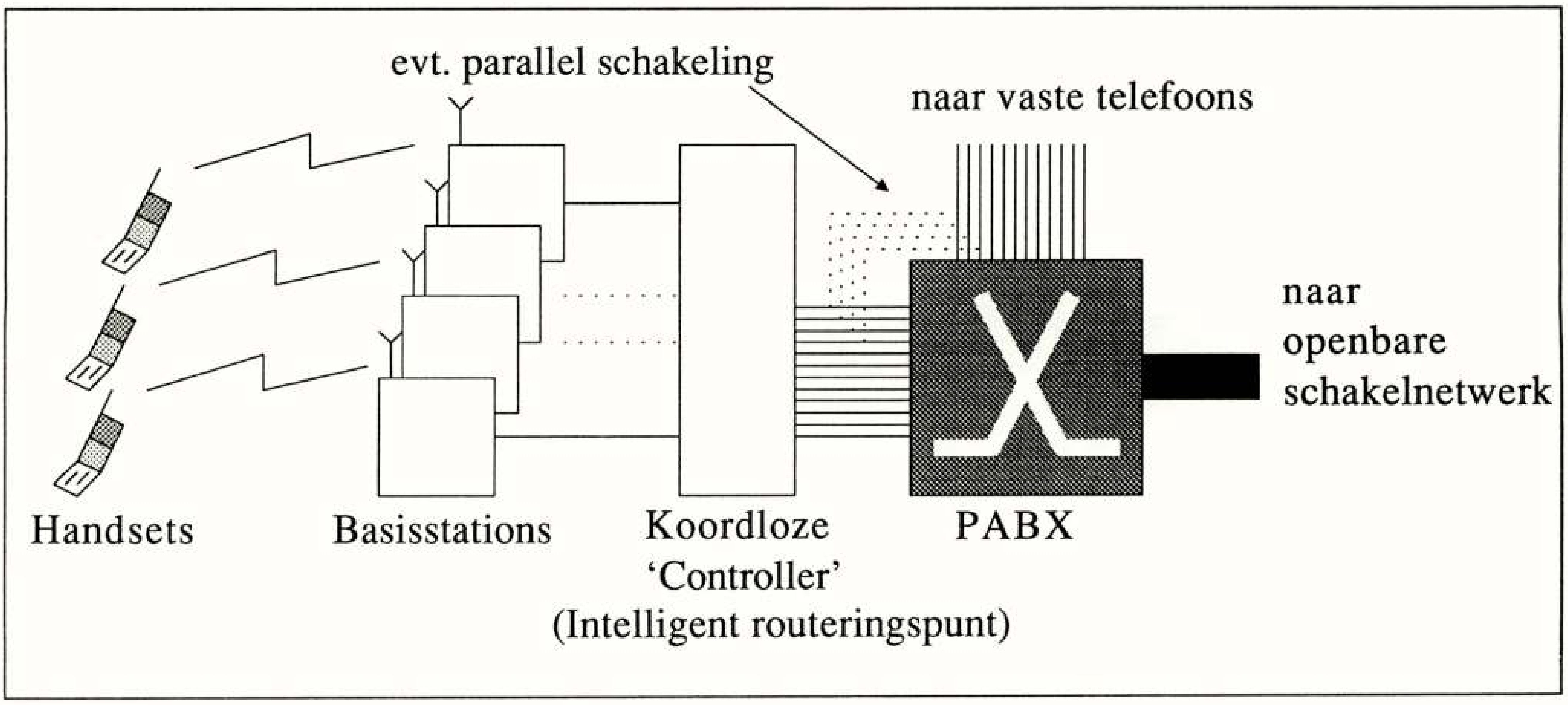
Tweede generatie systemen, ook het 'Greenpoint'-systeem behoort hiertoe, zijn *digitale* systemen en worden in de literatuur met CT2 (Cordless Telephone 2) aangeduid. 'Greenpoint' is gebaseerd op de door het 'European Telecommunications Standardisation Institute' (ETSI) tot 'Interim European Telecommunications Standard' (I-ETS) uitgeroepen [2] CT2-versie. Deze wordt ook wel CT2-CAI (Common Air Interface) genoemd.

Andere digitale systemen zijn het DCT900-systeem van Ericsson [3], ook wel 'CT3' genoemd, dat voornamelijk voor bedrijfsopstellingen bedoeld is, en het in juli 1992 ETSI-goedgekeurde DECT (Digital European Cordless Telecommunications). Deze laatste systemen kenmerken zich door een beduidend betere dienstkwaliteit en verkeerscapaciteit.

3. 'Multi-cell'-systemen

Vooral in de bedrijfsomgeving, waar enerzijds bereikbaarheid van de medewerker erg belangrijk is, en anderzijds bekabelingsproblemen bestaan, is er vraag naar 'radiobedekking' van kantoren en fabrieken. Gezien de beperkte reikwijdte van handset en basisstation, is het slechts mogelijk deze bedekking door middel van een cluster van basisstations te bieden: een 'multi-cell'-systeem. In iedere cel wordt gebruik gemaakt van een andere frequentie die op basis van momentane interferentiemetingen gekozen wordt. Om zorg te dragen voor een goede gespreksafhandeling in een multi-cell systeem, ongeacht waar de gebruiker zich in het bedekkingsgebied van het systeem bevindt, wordt gebruik gemaakt van de opstelling van afbeelding 2.

Bij een inkomend gesprek voor een bepaalde gebruiker wordt eerst bepaald in welke cel de gebruiker zich bevindt, zodat het gesprek naar het bijbehorende basisstation gerouteerd kan worden. Hiertoe wordt het gesprek vanuit het openbare netwerk of de bedrijfscentrale door de in afbeelding 2 aangegeven 'Koordloze Controller' in een soort wachtstand gezet (onmerkbaar voor de beller) en wordt de plaats van de gebruiker bepaald door middel van een 'paging'-proces. Hierbij zenden alle of een selectie basisstations een oproep aan de handset van de gebruiker. De handset antwoordt aan het dichtstbijzijnde basisstation, dat de melding vervolgens doorgeeft aan de Koordloze Controller. De Controller routeert het gesprek vervolgens naar het basisstation. Tenslotte wordt de radioverbinding opgezet en kan het gesprek beginnen. Het DCT900-systeem van Ericsson maakt



Afbeelding 2 *Schematische weergave van een 'multi-cell'-systeem*

gebruik van een dergelijke opstelling [3].

Als het aantal gebruikers van een multi-cell systeem zo groot is dat ten gevolge van de beperkte capaciteit van het 'paging'-kanaal oproepen vertraging oplopen, is de volgende oplossing mogelijk. Het bedekkingsgebied wordt opgehakt in een aantal lokatiegebieden. Een basisstation in een bepaald lokatiegebied zendt een bij dat gebied horende lokatiegebied-identiteit uit. Elke keer als een handset merkt dat bijvoorbeeld t.g.v. een verplaatsing van de handset een verandering in lokatiegebied-identiteit optreedt, signaleert de handset dit via het basisstation naar bijvoorbeeld de Koordloze Controller. Deze houdt voor iedere handset het momentane lokatiegebied bij. Tijdens een inkomend gesprek wordt de 'paging'-oproep alleen via de basisstations van het opgeslagen lokatiegebied uitgezonden.

Eventuele beveiligingsprocedures zoals authenticatie waarbij de identiteit van de handset en eventueel de daaraan gekoppelde gebruiker geverifieerd wordt, worden ook door de Koordloze Controller uitgevoerd.

Resumerend bestaan de taken van een Koordloze Controller uit:

- initiëren van het paging-proces in geval van een inkomend gesprek;
- het op basis van de terugmelding het gesprek routeren naar een basisstation;
- het eventueel bijhouden van lokatie-informatie;
- het uitvoeren van beveiligingsprocedures (authenticatie en vercijfering);
- het opslaan van handset/gebruiker relevante gegevens t.b.v. het op een veilige manier verzorgen van communicatie van/naar een handset.

4. Openbare basisstations: 'Telepoints'

De eerder genoemde 'Greenpoint'-dienst wordt gerealiseerd m.b.v. in openbare omgevingen opgestelde CT2-basisstations. Deze openbare basisstations, in het algemeen 'telepoints' genoemd, kunnen beschouwd worden als een soort telefooncellen waar tientallen mensen tegelijk kunnen bellen in een straal van zo'n 100-200 meter. De minimale netwerkvoorzieningen voor deze toepassing bestaan enerzijds uit beveiligingsfuncties (t.b.v. authenticatie), anderzijds uit kostenverrekenings-functies (verzamelen en verwerken van gespreksgegevens). In afbeelding 3 is een schematische voorstelling gegeven van een telepointnetwerk.

4.1 Inkomende gesprekken

De verzorging van inkomende gesprekken bij een telepoint brengt extra voorzieningen met zich mee [4]. Alvorens een gesprek naar een telepoint gerouteerd kan worden, moet bekend zijn bij welk telepoint of cluster van telepoints een gebruiker zich bevindt. Anders dan bij de bedrijfsopstelling, waar het laten oproepen van de handsets door alle basisstations nog tot de mogelijkheden behoort, is dit bij de over grote gebieden verspreide telepoint-basisstations uit efficiëntie-overwegingen ondenkbaar. We moeten dan ook denken aan een oplossing waarbij lokatieregistratie wordt gebruikt.

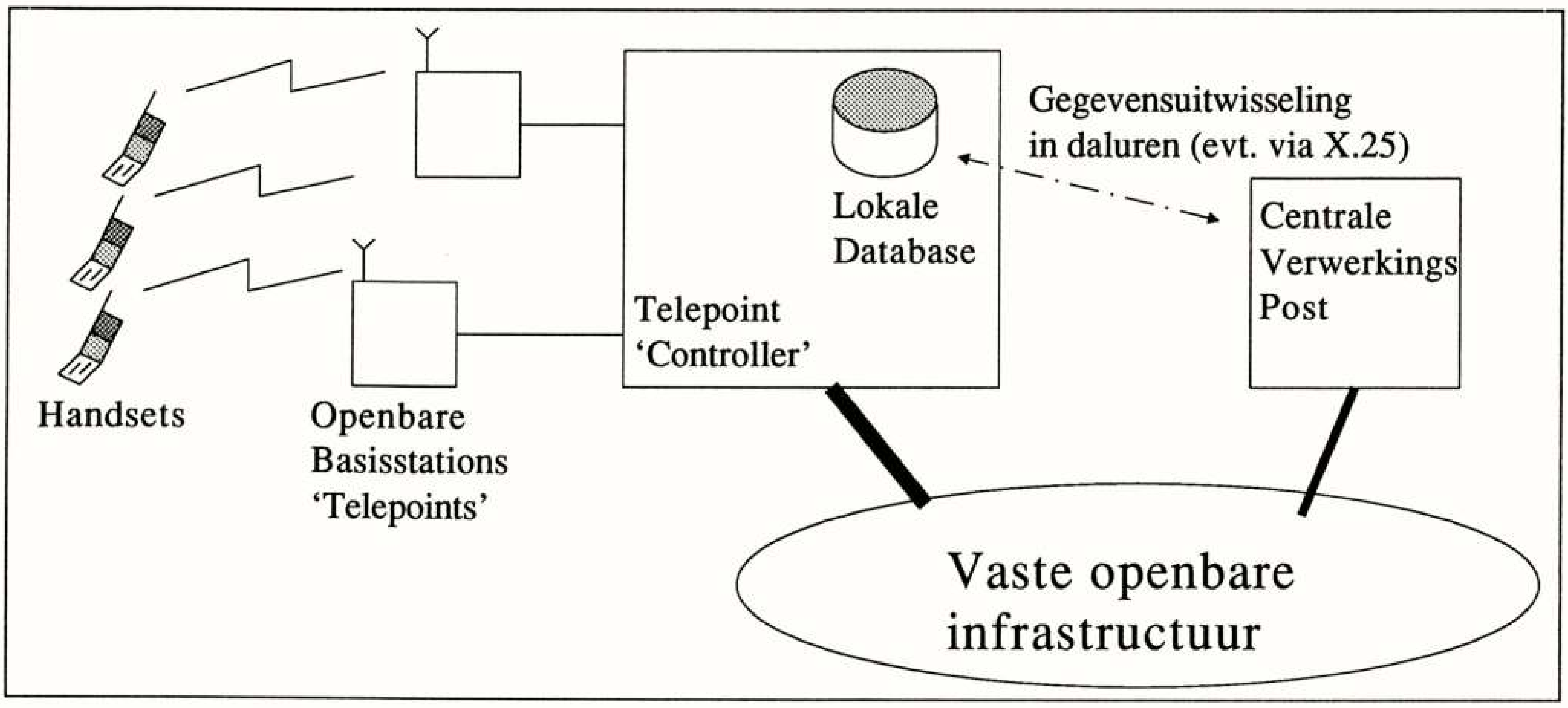
De lokatiegebieden kunnen één of een cluster telepoint(s) omvatten. Als een handset een lokatiegebied 'betreedt', vindt er lokatieregistratie plaats. De nieuwe lokatiegegevens worden in een database op een centrale plaats in het netwerk opgeslagen om gebruikt te worden voor routering van inkomende gesprekken.

Bij een inkomend gesprek moet door een centrale de lokatie-database zo vroeg mogelijk in het routeringsproces geraadpleegd worden. Dit om de efficiëntie van het routeren te bevorderen. Als onderdeel van deze procedure zou de handset in het betreffende lokatiegebied opgeroepen kunnen worden, om te kijken of de handset nog steeds aanwezig is. Ook is het mogelijk om het gesprek naar het lokatiegebied te routeren en daar het 'pagen' af te wachten. In ieder geval moet het gesprek tijdens de ondervraagfase in een soort wachtstand gezet worden. In afbeelding 4 is de Franse oplossing voor een CT2-gebaseerd telepointnetwerk met 'inkomende gesprekken'-afhandeling afgebeeld [5].

Een inkomend gesprek vanuit het PSTN wordt met een Toegangseenheid verbonden, het Authenticatie Centrum waarschuwt de Telepoint controller (waar de handset het laatst een registratie-procedure heeft doorlopen waarbij het Authenticatie Centrum op de hoogte is gebracht), dat er in de Toegangseenheid een gesprek staat te wachten voor een bepaalde handset. De Telepoint controller zet vervolgens een verbinding op met de Toegangseenheid, of laat dit over aan het Authenticatie Centrum.

4.2 Alternatieven t.b.v. inkomende gesprekken

In plaats van het opbouwen van een apart netwerk voor inkomende gesprekken, zijn er ook alternatieven. Deze alternatieven bestaan uit het koppelen van de telepoints met andere netwerken of diensten voor de verzorging van inkomende gesprekken.



Afbeelding 3 Telepoint-netwerkvoorzieningen

4.2.1 Koppeling met een semafonienetwerk

Een manier om quasi-inkomende gesprekken te realiseren is gebruik te maken van een semafonienetwerk door middel van het integreren van een semafoon in de handset. Wil men de telepoint-gebruiker bereiken, dan kiest men een semafonienummer gevolgd door het nummer van de beller. Via het semafonienetwerk wordt een oproep verstuurd, dat door de handset wordt ontvangen. Het nummer van de beller kan hierbij op een schermpje geprojecteerd worden. Door op een knop te drukken wordt door de handset automatisch het nummer van de beller gekozen.

De voordelen van deze aanpak zijn:

- er zijn geen netwerkaanpassingen nodig;
- de handset is ook oproepbaar buiten het bereik van een telepoint;
- de gebruiker kan zelf afwegen of, en wanneer, hij het gesprek opzet (uiteraard in de nabijheid van een telepoint).

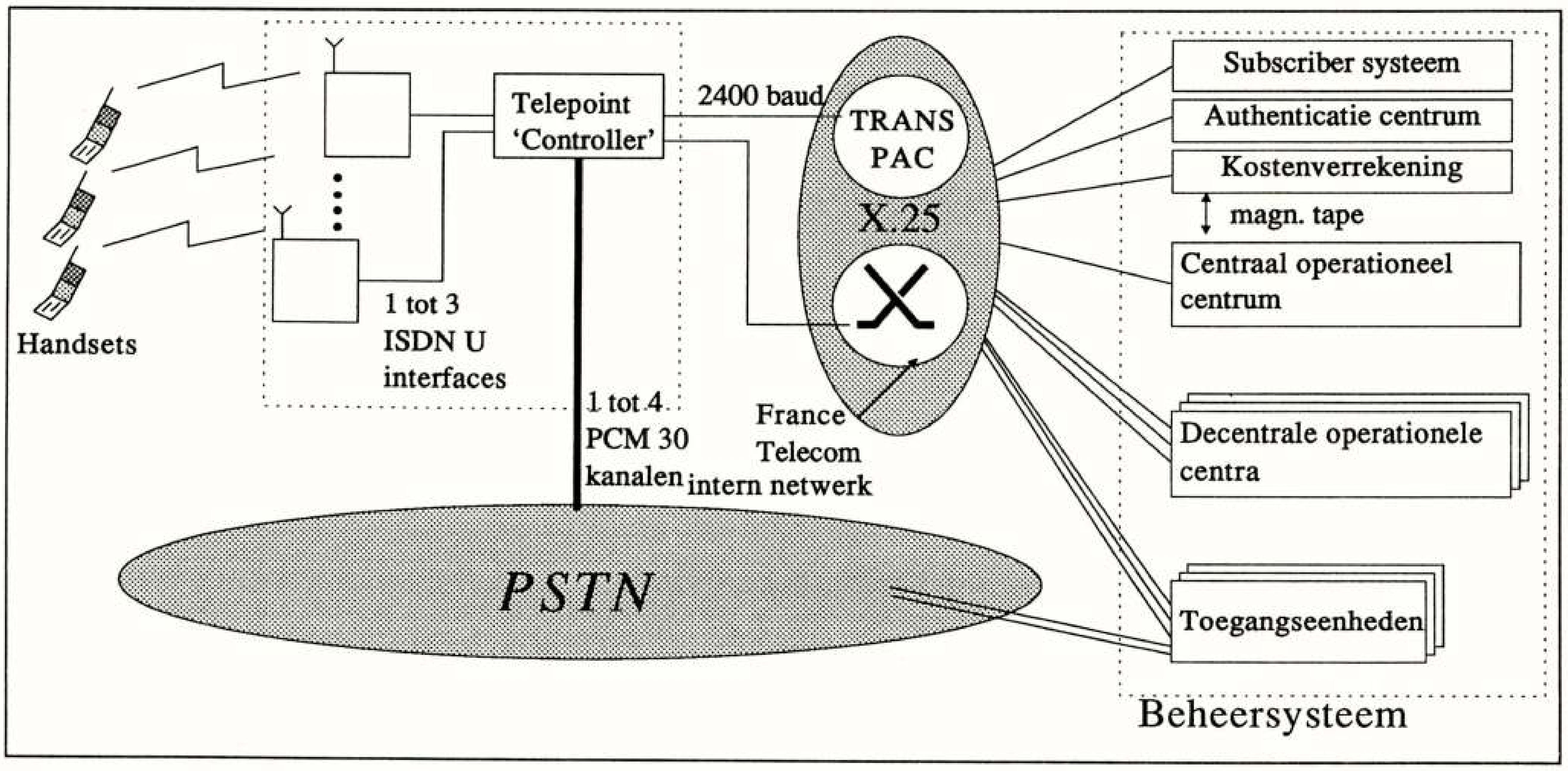
Nadelen zijn:

- er gaat enige tijd voorbij voordat de beller teruggebeld wordt: de beller kan niet blijven 'hangen'. Dit is niet gebruiksvriendelijk.
- tussenkomst van de gebelde is nodig voordat het gesprek opgezet wordt (dit is echter ook een voordeel i.v.m. privacy);
- telepoint-gebruikers kunnen elkaar niet bellen, alleen oproepen.

PTT Telecom heeft de introductie van de koppeling van semafoon en handset aangekondigd voor eind '92.

4.2.2 Koppeling met GSM

In plaats van het introduceren van nieuwe voorzieningen in het netwerk moet men ook overwegen of bestaande of geplande netwerkvoorzieningen het beoogde doel van inkomende gesprekken kunnen bereiken.



Afbeelding 4 Franse oplossing voor inkomende gesprekken bij telepoints

Met 'Greenpoint' is het nog niet mogelijk, maar met het pan-Europese Digital European Cordless Telecommunications (DECT) systeem, zou koppeling met het pan-Europese GSM-systeem (GSM: Global System for Mobile communications, in Nederland ATF4 gedoopt) gerealiseerd kunnen worden. De DECT-telepoints worden in dat geval aan de GSM-centrales gekoppeld. DECT staat namelijk het gebruik van GSM-identificatie- en beveiligingsprocedures toe. Men zal dus GSM-abonnee moeten worden. De technische details van deze oplossing moeten nog verder uitgewerkt worden.

4.2.3 Koppeling met UPT

Internationaal zijn er ontwikkelingen gaande m.b.t. de ontwikkeling van de 'Universal Personal Telecommunications (UPT)'-dienst. Kort gezegd maakt deze dienst het mogelijk dat een gebruiker zich registreert op een willekeurig toestel waarna inkomende gesprekken naar deze terminal gerouteerd kunnen worden. Deze faciliteit en persoonsgebonden kostenverrekening onafhankelijk van het gebruikte toestel, vormen het hart van de UPT-dienst. In de Verenigde Staten is deze dienst inmiddels al geïntroduceerd onder de naam 'EasyReach 700'.

De analogie tussen UPT-toestelregistratie en telepoint-registratie (lokatieregistratie) dringt zich hier op. Bij UPT-registratie wordt het routeringsnummer van het toestel gerelateerd aan het abonneenummer. In het telepoint-scenario zou iedere lokatieregistratie omgezet kunnen worden in een UPT-registratie. Hiervoor moet de telepoint de beschikking hebben over evenveel 'toestel-routerings'-nummers als het aantal handsets dat tegelijkertijd bij de telepoint geregistreerd kan zijn. Deze nummers kunnen bij het vertrek van handsets aan andere handsets worden toegekend. Om te voorkomen dat bij hergebruik van de nummers de verkeerde personen worden gebeld, moet gebruik gemaakt worden van (automatische) UPT-deregistratie, of moeten de UPT-beveiligingsprocedures tijdig een abusievelijk gerouteerd inkomend gesprek afbreken.

5. De toekomst: netwerkintegratie

Terugkijkend naar de mogelijkheden en systeemcombinaties voor kostenverrekening, beveiliging en inkomende gesprekken, kunnen we al snel controleren dat de telepoint-netwerken, autotelefonie-netwerken en de UPT-dienst grote overeenkomsten hebben. Het is daarom niet zo verwonderlijk dat integratie van de verschillende mobiele systemen/diensten wordt overwogen. Zo vindt er binnen het Europese RACE programme (R&D in Advanced Communications for Europe) onderzoek plaats naar de specificatie van een Universeel Mobiel TelecommunicatieSysteem (UMTS) dat als doel heeft de gebruiker te vrijwaren van verschillende toestellen voor de verschillende radiodiensten (semafonie, koordloze telefonie, autotelefonie, mobilofonie). Volledige integratie met het Breedband ISDN (B-ISDN of IBCN) wordt daarbij voorzien [6][7].

Vanuit de netwerkexploitant gezien is natuurlijk de integratie van de diverse mobiliteitsvormen in het netwerk erg interessant met het oog op lagere exploitatiekosten. Op die manier kan telepoint-, autotelefonie- en UPT-ondersteuning geïntegreerd worden aangeboden. Door diverse internationale onderzoeksorganen wordt de integratie van mobiliteitsondersteuning en de invloed hiervan op de toegangs- en netwerksignaleringsprotocollen tussen randapparatuur en het netwerk en netwerk intern bekeken.

Het zou voor dit artikel te ver voeren om verder op dit onderwerp in te gaan. Volstaan wordt dan ook met een verwijzing naar [8].

6. Conclusies

Ten behoeve van gebruikersmobiliteit tussen basisstations van een koordloos systeem zijn speciale voorzieningen nodig in het netwerk achter de basisstations. Voor 'multi-cell'-systemen in bedrijfsomgevingen (koordloze PBX) is de benodigde functionaliteit gecentraliseerd in een 'Koordloze Controller'. Voor openbare basisstations, zoals bij 'Greenpoint', moet er onderscheid gemaakt worden naar voorzieningen voor een beveiligde kostenverrekening van uitgaande gesprekken en voorzieningen voor het bieden van inkomende gesprekken.

In plaats van het opzetten van een apart 'telepoint'-netwerk voor inkomende gesprekken zijn er alternatieven als het koppelen van handsets met semafoons, het koppelen van de basisstations aan een autotelefonienetwerk en verzorging van inkomende gesprekken d.m.v. het toekomstige UPT.

Internationaal wordt integratie van de verschillende mobiliteits-netwerken en -diensten nagestreefd, enerzijds voor een efficiënte exploitering van de telecommunicatie-infrastructuur, anderzijds om de gebruiker het gebruik van verschillende terminals te besparen (uniforme toegangsmethode).

Referenties

[1] CEPT Recommendation T/R 24-03
Radio characteristics of cordless telephones
15 september 1988

[2] ETSI Radio Equipment and Systems
Common air interface to be used for the interworking between cordless telephone apparatus in the frequency band 864.1 MHz to 868.1 MHz, including public access services
prI-ETS 300 131, september 1991

[3] C. Buckingham et al.
A business cordless PABX telephone system on 800 MHz based on the DECT technology
IEEE Communications Magazine, January 1991, pp.105-110

[4] M.J.J. van Nielen
DECT: on the verge of cordless and cellular systems
Bijdrage aan: 1991 IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications,
King's College Londen, 23-25 september 1991

[5] V. Breton, M. Lecroq, J. Lods, M. Renaldo
Tangara: digital cordless telephone system
Commutation & transmission, no. 3, pp. 23-32, 1991

[6] J. Grond, H. Hecker, A. Wilhelmus
Next generation in mobile communications
bijdrage aan: ITU World Telecommunications Forum, Genève, 9-15 oktober 1991

[7] M.J.J. van Nielen
UMTS: a third generation mobile system
bijdrage aan: 1992 IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications,
The Westin Hotel, 19-21 oktober 1992

[8] H. Hecker, J. Hegeman, W. Mol, M. van Nielen
The application of the IN-concept to provide mobility in underlying networks
bijdrage aan: 1992 International Conference on Intelligence in Networks (ICIN'92), Bordeaux, 3-5 maart 1992

Voordracht gehouden tijdens de 401e werkvergadering.

Ontwikkeling van de GSM standaard en van regelingen tussen GSM operators

Ing. Rijnder Hagedoorn
PTT Telecom, Mobiele Telecom Netten

Development of the GSM standard and of arrangements between operators

This article describes the development of the GSM standard, and touches upon a number of aspects of the system. Various types of organisations have participated in the development of the standard and had their impact on the selection of services to be provided by the system, as well as on the design of the system architecture and the more detailed technical characteristics of the system. Nowadays, the public GSM standard is contained in Technical Specifications from ETSI. In addition, there is a set of documents that specifies operational arrangements for use between operators.

Inleiding

De uitdrukking "GSM" staat tegenwoordig voor Global System for Mobile communication. Dit is echter niet de originele betekenis van de afkorting. De ontwikkeling van de GSM standaard is begonnen in 1982, en 10 jaar later zien we dat de eerste netten daadwerkelijk in gebruik worden genomen. In die 10 jaar hebben diverse organisaties in verschillende settings deelgenomen aan de ontwikkeling, en dit verklaart diverse aspecten van het GSM systeem. In dit artikel wordt de ontwikkeling van het GSM systeem historisch belicht en op een aantal aspecten wordt iets nader ingegaan. Hoewel dit artikel in het Nederlands is gesteld, zijn een aantal Engelse termen gebruikt. Het gaat dan om termen die in de wereld van telecommunicatie ook in Nederland zijn ingeburgerd, en waarvoor een adequate Nederlandse uitdrukking niet meteen voorhanden is.

Historie

In het begin van de tachtiger jaren waren er in Europa een aantal netten voor openbare mobiele telecommunicatie in gebruik. Deze netten werkten volgens verschillende technieken en waren dienovereenkomstig meer of minder geavanceerd. Zo kenden de netten in Scandinavië "handover", waarbij een rijdende gebruiker tijdens een gesprek werd overgeschakeld van het ene naar het volgende basisstation. Het Franse net kende dit niet, daarom werd in Frankrijk het bedekkingsgebied van een basisstation zo groot mogelijk gehouden met als gevolg weinig hergebruik van hetzelfde radiokanaal.

Het naast elkaar gebruiken van verschillende systemen had tot gevolg dat de abonnees in het algemeen geen gebruik konden maken van hun telefoon wanneer zij zich in het buitenland bevonden. De samenwerkende "PTTs", die verenigd waren in de Conférence Européenne des administrations des Postes et des Télécommunications (CEPT) richtte daarom in 1982 een speciale groep op om te komen tot een gemeenschappelijke standaard voor heel Europa. Deze groep kreeg de naam "Groupe Spéciale Mobile", kortweg aangeduid als "GSM".

Voor inzicht in het functioneren van de groep is het goed te beseffen, dat de samenwerkende instellingen in het algemeen staatsbedrijven waren, die competent waren ten aanzien van nationale regelgeving en tegelijkertijd konden optreden als operator. Daarom was GSM in staat om alle technische, administratieve en operationele aspecten van een pan-Europees systeem aan te pakken, het was een echt "project-team".

In de eerste jaren van zijn bestaan werkte GSM aan een overzicht van de services die het systeem zou moeten bieden en aan verdere algemene eisen waaraan het systeem zou moeten voldoen. De meest bekende algemene eis is "International Roaming", de eigenschap waardoor gebruikers hun telefoon ook kunnen benutten in het buitenland. In eerste instantie was er geen harde eis dat het een volledig digitaal systeem zou zijn. Wel kwam men tot het besluit dat het pan-Europese systeem een volledig nieuw systeem zou zijn. Om allerlei redenen (o.a. van industrie-politieke aard) kon men er niet toe besluiten een van de bestaande systemen te adopteren.

De interne organisatie van GSM

GSM organiseerde zich intern door het instellen van een aantal Working Parties (WP) voor de specificatie van verschillende deelgebieden. Oorspronkelijk een drietal:

WP1: Services en algemene aspecten
WP2: Radio interface
WP3: Signalering

Datacommunicatie werd in eerste instantie meegenomen door WP3, later werd dit verzelfstandigd in een aparte WP. Toen men besloot het aspect van Intellectual Property Rights (IPR) mee te nemen creëerde men nog een WP. Zo ontstonden WP4 en WP5:

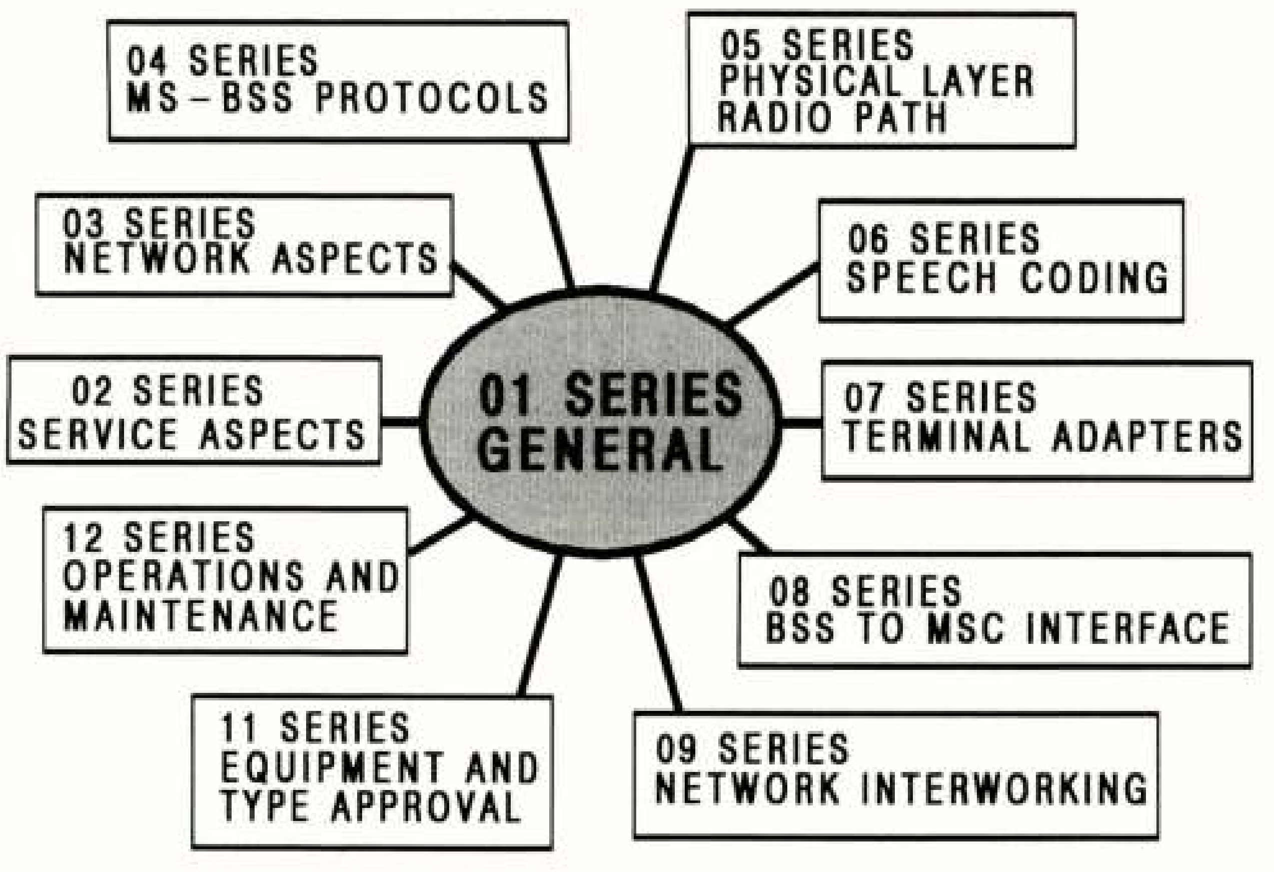
WP4: Datacommunicatie
WP5: IPR

In 1985 had GSM nog steeds niet besloten dat het GSM systeem digitaal zou zijn. In dat jaar werd echter door Frankrijk, Duitsland en Italië, later gevolgd door Engeland, een "Agreement on digital cellular radiocommunications" ondertekend. Daarmee werd aanzienlijke druk uitgeoefend op de andere landen binnen GSM om voortgang te maken en de digitale weg op te gaan.

In 1986 kwam die versnelling. GSM besloot op korte termijn een aantal belangrijke systeemkeuzes te maken. De interne coördinatie van GSM werd verbeterd door instelling van de "Permanent Nucleus" (PN). De PN was een project management groep met afgevaardigden van een aantal "PTTs" die op permanente basis met elkaar in Parijs werkten, en daar ook woonden.

Voor de radio interface werden voorstellen ingezameld. Deze voorstellen kwamen van industrieën, universiteiten en PTTs. De voorstellen betroffen allemaal digitale systemen, maar varieerden van smalband systemen tot breedband systemen. Prototypes van al deze systemen werden in het najaar van 1986 naar Parijs gebracht, en onderworpen aan een vergelijkend onderzoek onder verantwoordelijkheid van de PN. Er werd een route door Parijs gereden, en de PN had de beschikking over de laboratoriumfaciliteiten van het Franse CNET (Centre National d'études des Télécommunications). Bij het vergelijkend onderzoek werd het Nordic Mobile Telephone (NMT) systeem gehanteerd als "benchmark". Vervolgens werden in een gedenkwaardige vergadering in februari 1987 op Madeira de "working assumptions" vastgesteld. Daarin werd o.a. opgenomen dat GSM een digitaal systeem zou specificeren, met 8 TDMA kanalen per radiofrequentie.

Met grote voortvarendheid werden vervolgens de specificaties uitgewerkt in series recommendaties, met een centrale rol voor de 01 serie:



Figuur 1: de reeksen GSM recommandaties.

In de figuur mist de 10-serie recommendaties. Deze serie was oorspronkelijk gewijd aan "service interworking", maar bleek na enige tijd alleen materiaal betreffende de Short Message Service te bevatten. Dit materiaal werd overgebracht naar recommendaties uit andere series, en de 10-serie verviel.

GSM baseerde zijn specificatie op de concepten van ISDN, de signalering werd beschreven voor gebruikmaking van signalling system nr. 7.

Systeemaspecten

In de reeksen recommandaties werd een netwerk beschreven met een architectuur als in figuur 2.

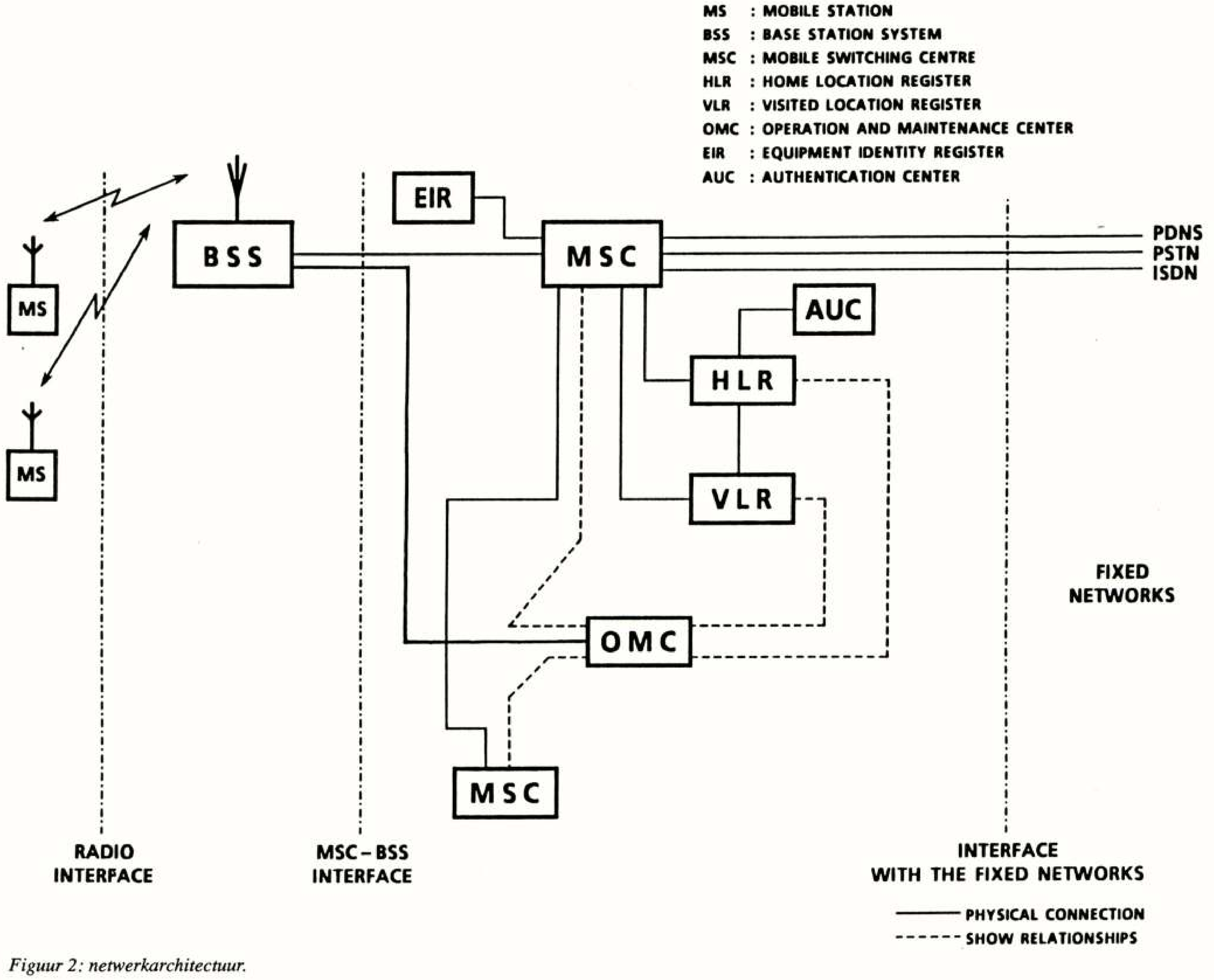
De kern van het net wordt gevormd door een of meerdere Mobile Services Switching Centers (MSC), die verbonden zijn met een aantal Base Station Systems (BSS). De BSSn maken via de radio interface een verbinding met Mobile Stations (MS). Het net bevat een Home Location Register (HLR) waarin zich de gegevens bevinden betreffende de eigen abonnees, en een Visitors Location Register (VLR) waarin zich de gegevens bevinden van gebruikers die zich slechts tijdelijk in het net bevinden.

Het Authentication Center maakt het mogelijk de identiteit van gebruikers te verifiëren. Subscriber authentication behoort tot de "security features" van een GSM netwerk.

De identiteit van de gebruiker ligt vast in een chipkaart, de Subscriber Identity Module (SIM). Zodra een gebruiker zijn SIMkaart in een GSM telefoon plaatst, neemt deze relevante gegevens daaruit over. Een opvallend gevolg is dat een gebruiker altijd onder hetzelfde nummer is te bellen, ongeacht in welke GSM telefoon de SIMkaart is gestoken.

Middels een "challenge-response" procedure onderzoekt het netwerk of de mobiel het juiste antwoord geeft op een verzonden getal.

Tot de overige security features behoort encryption, waardoor het systeem ook beschermd is tegen afluisteren met behulp van scanners of andere ontvangers. Zowel de identiteit van de beller, de identiteit van degene die gebeld wordt, als de inhoud van de conversatie of de data/fax kan niet op



Figuur 2: netwerkarchitectuur.

het radiopad worden afgetapt.

GSM specificeerde de bearerservices, teleservices en supplementary services die door het systeem ondersteund worden.

De volgende categorieën bearer services werden gespecificeerd:

- 3.1 kHz ex PLMN (transparant en non-transparant)
- data circuit duplex (asynchroon en synchroon, tranparant en non-transparant)
- PAD acces (circuit, asynchroon, transparant en non-transparant)
- data packet duplex (synchroon, transparant)
- alternative speech/unrestricted digital
- speech followed by data
- 12 kb/s unrestricted digital

en de volgende categorieën teleservices:

- telefonie
- "emergency calls"
- short message service (naar het mobiel toe, van het mobiel afkomstig, en omroepberichten vanuit het basisstation)
- "advanced message handling service"
- videotex
- teletex
- "alternate speech en fax group3", aangevuld met rechtstreeks fax group 3.

Naast deze bearerservices en teleservices werden supplementary services gespecificeerd. Supplementary services modificeren een teleservice of een bearerservice. GSM specificeerde de volgende categorieën van supplementary services:

- number identification
- call offering
- call completion
- multi party
- community of interest
- charging
- additional information transfer
- call restriction

Een aantal van de services (bearer-, tele- of supplementary) is in een later stadium aangepast of geschrapt. Zo bevatte de groep "multi party service" oorspronkelijk de services "3 party service" en "conference call". Tijdens de implementatie realiseerde men zich echter dat het niet erg waarschijnlijk is dat iemand vanuit een mobiele telefoon een grote conference call gaat opzetten. De "conference call" vereist een fysieke voorziening in het net (een brug), die bij voorkeur niet groter wordt gedimensioneerd dan strikt nodig is. Tijdens een herbezinning werd daarom besloten de beide services weer te vervangen door één multiparty service, waarmee de mobiele abonnee in totaal 5 partners in het gesprek kan betrekken (1+5 deelnemers).

Tijdens een heroverweging in 1992, besloot GSM de "advanced message handling service", de "teletex service" en de "videotex service" te schrappen uit de GSM specificatie. Deze services kunnen gebruikt worden via de standaard bearer services, en behoeven daarom binnen GSM niet een bijzondere specificatie als teleservice.

Toekomstvastheid t.a.v. supplementary services

In het algemeen zijn de functionaliteiten ten behoeve van supplementary services ondergebracht in het netwerk. Het mobiel herkent de toetsindrukken van de gebruiker die hierop betrekking hebben en zend dan signalering naar het netwerk. Slechts in enkele gevallen is specifieke functionaliteit in het mobiel nodig, zo wordt bij "advise of charge" kostenberekening in het mobiel zelf uitgevoerd.

Er kan een probleem ontstaan t.a.v. supplementary services die in een latere fase worden ontwikkeld. Het mobiel herkent de toetsindrukken van de gebruiker niet, en het kan zijn dat voor de betreffende service enige functionaliteit in het mobiel vereist is die ontbreekt. In die gevallen zal het mobiel wel onderkennen dat de toetsindrukken iets te maken hebben met een supplementary service, maar niet met welke. Het mobiel signaleert in dat geval de individuele toetsindrukken naar het netwerk. Wanneer er geen bijzondere functionaliteit in het mobiel vereist is, kan de betreffende service dan toch door het netwerk worden geboden.

Spraakcodering

Om de hoeveelheid bits die verzonden moet worden op het radiopad te beperken, werd een spraakcoder/decoder (codec) gedefinieerd. Zes voorgestelde spraakcodecs werden praktisch gerealiseerd, en voor een vergelijkend onderzoek naar CSELT, een laboratorium in Turijn, gebracht. In veel van de deelnemende landen werd een band met proeftekst in de eigen taal aangemaakt, en opgezonden naar Turijn. Deze proefteksten werden door elk van de 6 codecs gehaald, en iedere inzender kreeg dus 6 tapes terug. Daarbij was voor de ontvanger niet te bepalen welke tape bij welke codec hoorde, de tapes droegen alleen een markering voor referentie. In de diverse landen werd vervolgens m.b.v. panels de kwaliteit van de codecs beoordeeld. De scores werden later samengebracht, en het bleek dat de codecs van Philips en van IBM de beste resultaten gaven. De uiteindelijke keus werd gemaakt door een aspect van de IBM codec te integreren in de Philips codec. Voor een uiteenzetting omtrent de spraakcodec zelf, zie het daaraan gewijde artikel in dit tijdschrift van het NERG.

De MoU

Om de ontwikkeling van GSM systemen door de industrie te stimuleren, werd door 27 operators uit 17 CEPT lidstaten, in 1987 een Memorandum of Understanding (MoU) ondertekend. In GSM was men zich er van bewust dat de apparatuur uiteindelijk ontwikkeld zou moeten worden door de industrie. In GSM vergaderingen verschenen daarom inmiddels deelnemers uit de industrie binnen delegaties die onder leiding bleven van het CEPT lid. De ontwikkeling van praktische GSM systemen is echter zo kostbaar dat de industrie een dergelijke investering alleen kon verantwoorden als ook operators een commitment op zich zouden nemen tot implementatie van GSM systemen. Op 7 september 1987 kwam daarom het MoU tot stand, en in hetzelfde MoU werd de grondslag gelegd voor een verdergaande coordinatie in het werk van de operators.

De MoU bevatte de volgende hoofdpunten:

1. commerciële opening van systemen in 1991
   Daadwerkelijk zijn er enkele netten in 1991 formeel opengesteld, maar bij gebrek aan randapparatuur gaf dit meer uiting aan de behoefte van operators om zich aan het MoU commitment te houden, dan dat er sprake was van een echte start van GSM.
2. een implementatieprogramma
   Met een "vroege" bedekking van transportroutes tussen landen, de hoofdsteden bedekt in 1993, en de belangrijkste luchthavens in 1995.
3. een aanzet voor verdere coördinatie
   Netwerk operators namen zich voor hun activiteiten te coördineren m.b.t.:
   - netwerkimplementatie
   - tendering
   - testen van compatibiliteit
   - testen van procedures voor roaming
   - validatie van GSM specificaties
   - IPR

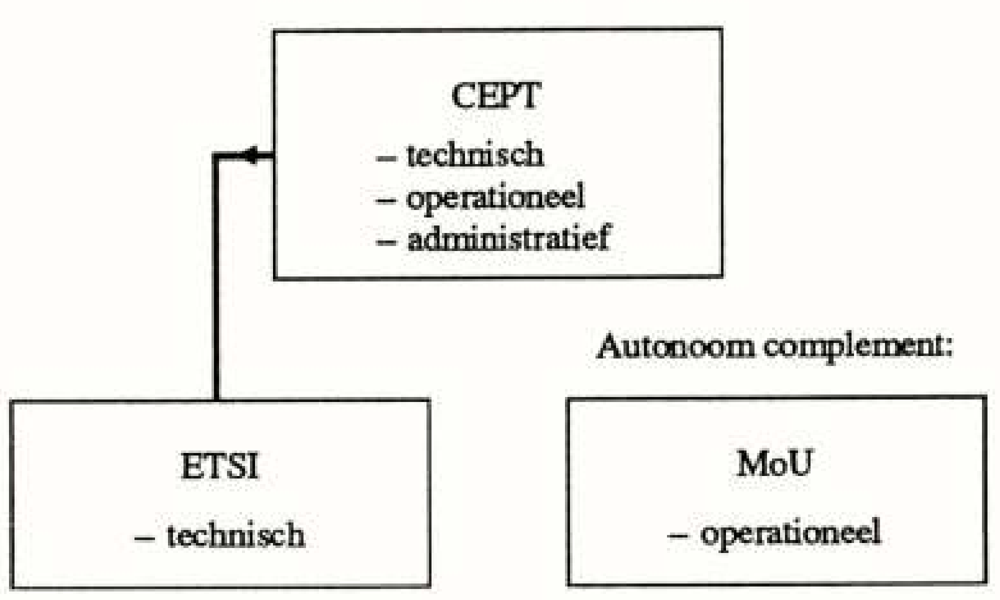
4. Open interfaces

   Operators namen zich voor de volgende "open" interfaces toe te passen in de netwerken:
   - de radio interface, als minimum noodzakelijk voor internationale roaming
   - interface tussen de centrale en de controller van het basisstation. Hiermee ontstaat een markt voor basisstations, omdat een basisstation van merk A kan worden aangesloten op een centrale van merk B.
   - interface tussen centrales onderling
   - interfaces van de location registers

Naar aanleiding van dit MoU ontstond er een groep van ondertekenaars, die vervolgens een tiental subgroepen tot stand bracht om alle operationele aspecten uit te werken die verband houden met de internationale roaming. Deze groep procuceerde meer dan 100 documenten, voornamelijk betrekking hebbend op de internationale roaming aspecten van o.a.:
- nummerplannen
- routering van verbindingen en van signaleringsverkeer
- fasering van introductie van diensten
- customer care
- billing en accounting

Het werk van de MoU groep is voor een belangrijk deel bepaald door het ontstaan van het European Telecommunication Standards Institute (ETSI). In ETSI namen niet alleen de operators en nationale administraties deel, de industrie die binnen GSM alleen binnen nationale delegaties kon deelnemen kreeg in ETSI een gelijkwaardige plaats.

Bij het ontstaan van ETSI delegeerde de CEPT haar taken op het gebied van technische standaardisatie, ook t.a.v. GSM, aan ETSI. De GSM groep en de PN werden ingepast in de structuur van ETSI, en werden respectievelijk Technical Committee (TC/GSM) en Project Team (PT12) genoemd. De scope van het werk in ETSI is echter beperkt tot technische standaardisatie, en de MoU groep heeft als een complement van ETSI/GSM de taken opgepakt die GSM moest laten vallen, zie figuur 3.



Figuur 3: GSM's overgang van CEPT naar ETSI.

In figuur 3 is ook aangegeven dat de MoU een volledig autonome groep is, die nergens onder ressorteert. CEPT/GSM's bevoegdheden op administratief gebied kunnen niet formeel worden overgenomen door de MoU groep. Voor een deel wordt dit opgevuld door ontwikkelingen van buitenaf, zo is bijvoorbeeld de EG actief op het gebied regelgeving t.a.v. typekeuringen en ten aanzien van de bestemming van radiofrequenties. Een aantal recommendaties ging van GSM over naar de MoU groep, en verdween daarmee volledig uit het zicht van de GSM groep. Sommige recommendaties werden in tweeën gesplitst om technische en operationele aspecten te scheiden.

De MoU group is ook actief ten aanzien van promotie van de standaard. In dit verband realiseerde men zich dat een systeem niet de naam van een groep kan dragen. De aanduiding "GSM" was inmiddels echter wereldwijd bekend, en de oplossing werd gevonden door aan de afkorting de nieuwe betekenis "Global System for Mobile communication" toe te kennen. Welliswaar is dit een pretentieuze naam, maar inmiddels is gebleken dat de GSM standaard steeds meer interesse wekt, ook buiten Europa (Golfstaten, Australië & Nieuw Zeeland, India, Rusland etc.).

SMG5 en SMG6

Nadat ETSI had besloten de ontwikkeling van de standaard voor het Universal Mobile Telephone System (UMTS) ook aan GSM op te dragen, bracht GSM speciaal daarvoor een nieuwe subgroep tot stand. Omdat men nu aan meer dan een standaard werkte werd de naam van de GSM groep gewijzigd in Special Mobile Group (SMG). De subgroep voor UMTS heet nu SMG5. De vroegere groep GSM5 (of WP5), belast met IPR was al opgeheven sinds ETSI had besloten IPR in een breder verband te bestuderen. Het werk aan netwerkmanagement aspecten werd oorspronkelijk uitgevoerd onder het mandaat van de Permanent Nucleus. Naderhand werd besloten ook voor dit werk een normale subgroep rechtstreeks onder SMG tot stand te brengen. Deze groep heet nu SMG6.

Fases in de GSM standaard

Om de industrie in staat te stellen GSM systemen te produceren, moest de standaard op een zeker moment "bevroren" worden. Het bevriezen van de standaard vindt plaats in twee fasen, waarbij rekening wordt gehouden met de opwaartse compatibiliteit. Fase 1 werd vastgesteld in 1989. Vooral voor een systeem met internationale roaming is het belangrijk dat ongeveer dezelfde services worden ondersteund door de diverse netten. Het bevriezen van de fase 1 standaard stelde operators in staat requests for tender uit te schrijven gebaseerd op dezelfde versie van de specificatie.

Fase 2 zal vermoedelijk achterin 1992 worden vastgesteld. Verdere fasen zijn formeel niet voorzien, eventuele verdere verbeteringen worden gezien als uitbreiding op de fase 2 standaard.

Verdere ontwikkelingen

Binnen GSM bestaat een fysiek kanaal uit steeds hetzelfde tijdslot binnen elkaar opvolgende frames van elk acht tijdsloten. Al snel had men zich gerealiseerd dat binnen deze structuur er nog een verdubbeling van het aantal kanalen per draaggolf mogelijk zou zijn door hetzelfde tijdslot beurtelings te benutten voor twee verschillende kanalen. Daarmee ontstond het "half rate channel", in tegenstelling tot het "full rate channel". Voor datacommunicatie is het gebruik van het half rate channel in de specificatie uitgewerkt. Voor spraak is het nodig dat er eerst een codec beschikbaar is die goed kan functioneren met de gereduceerde bitrate. Aan de ontwikkeling van deze half rate codec wordt nog gewerkt, zodra de half rate codec is gerealiseerd kan de verkeerscapaciteit van GSM netwerken voor telefoongesprekken toenemen bij een gelijkblijvend frequentiebeslag.

Aanverwante standaard: PCN of DCS 1800

Personal Communication Network (PCN) is de aanduiding voor een sterk verwant mobiel communicatie systeem op frequenties rond de 1800 MHz. In Engeland zijn licenties uitgegeven voor het bedrijven van een PCN Netwerk. De PCN operators besloten dat de eerste implementatie van PCN zal bestaan uit een GSM systeem, met enkele minieme aanpassingen. Deze aanpassingen betreffen met name de frequentieband, het aantal kanalen en het maximale zendvermogen van de mobielen. Ten behoeve van PCN bereidde GSM een aangepaste versie van de GSM specificatie, die de naam DCS 1800 draagt.

Voordracht gehouden tijdens de 402e werkvergadering.

Spraakcodering in het GSM-systeem

Ir. F. Muller
PTT Research

Speech coding in the GSM-system

The capacity of the GSM-system must be dimensioned to meet the expected enormous growth in the demand for mobile communications. In order to maximize the number of channels in a given bandwidth the bit rate per channel must be kept low. In GSM the bit rate is reduced eightfold, with respect to PCM, and the quality is not compromised. This is achieved by a speech coding system called RPE-LTP. The reduction in bit rate is accomplished by exploiting properties of human speech production and perception.

1. Inleiding

Het aantal abonnees van autotelefoonnetten heeft sinds de invoer van het eerste net, AutoTeleFoonnet 1 (ATF1), een zeer sterke groei te zien gegeven, voortdurend een sterkere groei dan de prognoses voorspelden. Bij de tot nu toe ingevoerde netten ATF1, 2 en 3 is deze ontwikkeling als volgt gegaan. In 1980 is ATF1 geopend, het eerste automatische openbare mobiele telefoonnet. Er was ruimte voor maximaal 2500 gebruikers. Door de onverwacht grote groei van het aantal abonnees was het net in 1983 al volledig bezet.

In 1985 is ATF2 geopend. Van dit net luidden de prognoses dat de capaciteit voldoende zou zijn tot de invoering van het GSM-systeem. Vanwege de wederom onverwacht grote groei en de vertraging bij de specificatie van het GSM-systeem is het nodig gebleken om ATF3 te openen om in de vraag te voorzien.

ATF3 biedt ruimte aan maximaal 300.000 aansluitingen, waarvan er nu rond de 125.000 bezet zijn. Alhoewel er derhalve nog aanzienlijke ruimte is voor groei, dient er een nieuw net geopend te worden om in de toekomstige vraag te kunnen voorzien. Het aantal nieuwe abonnees bedraagt op dit moment namelijk 800 à 1000 per week, en prognoses van zowel de PTT als de industrie voorspellen, dat rond het jaar 2000 van de 7 miljoen abonnees er ongeveer 1 miljoen mobiel zullen zijn.

PTT Telecom zal in de loop van 1993 ATF4 (= GSM) openen. Al in het begin van de specificatiefase van het GSM-systeem werd duidelijk, dat om de gewenste capaciteit te behalen (streefcapaciteit 25 gelijktijdige gesprekken per vierkante kilometer) er gebruik moest worden gemaakt van digitale transmissie- en signaalbewerkingstechnieken.

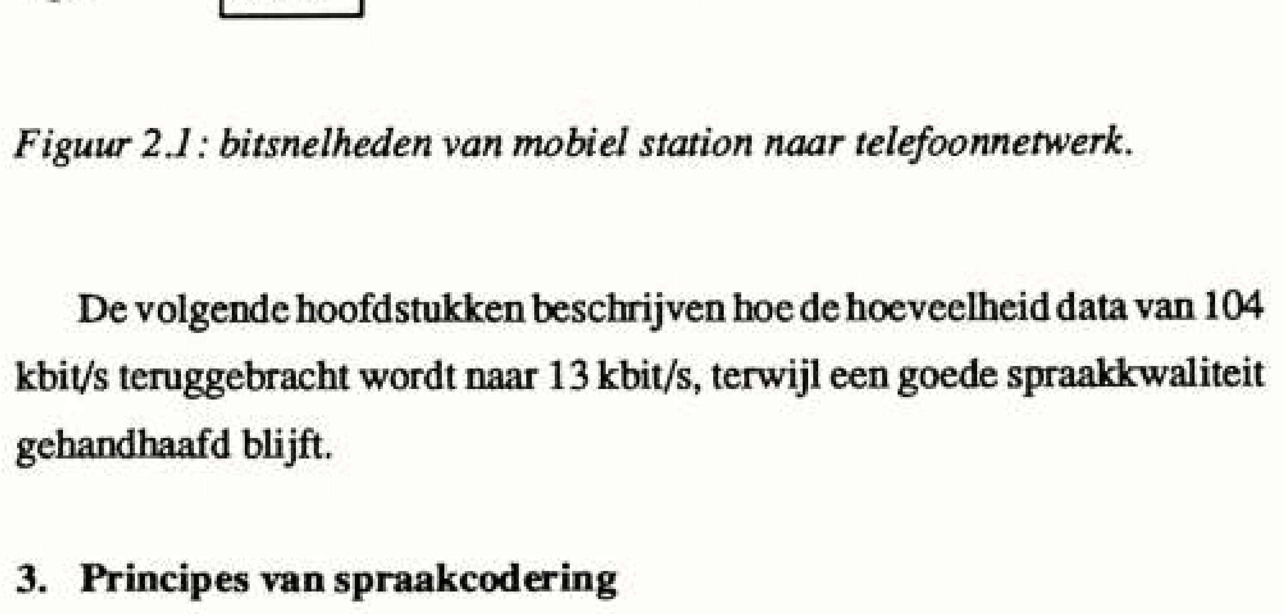
De capaciteit van een mobiel net hangt direct af van de bandbreedte die een gesprek in beslag neemt. Dit op zijn beurt hangt af van hoeveel bits er voor een gesprek verzonden dienen te worden van basisstation (BS) naar mobiel station (MS) en vice versa.

De rest van dit artikel zal gewijd zijn aan hoe in het GSM-systeem door middel van spraakcodering de hoeveelheid te verzenden bits zodanig beperkt is, dat de gewenste capaciteit gehaald kan worden. Codering is hier geen techniek ter bescherming tegen afluisteren, maar een geheel van technieken in de digitale signaalbewerking, met het doel, het spraaksignaal zo efficiënt mogelijk weer te geven, met behoud van kwaliteit.

2. Bitsnelheden in GSM

In figuur 2.1 zijn de hoeveelheden bits weergegeven die van MS naar BS getransporteerd moeten worden. Het analoge spraaksignaal wordt in het MS gedigitaliseerd met uniforme quantisatie. Hierbij wordt elk sample met 13 bits weergegeven, wat bij de gebruikte samplefrequentie van 8 kHz neerkomt op 13 * 8000 = 104 kbit/s. Om de gewenste capaciteit te kunnen halen moet de spraakcodering (de broncodering in figuur 2.1) dit terugbrengen tot één achtste van deze bitsnelheid: 13 kbit/s.

Om het signaal te beschermen tegen fouten die op de radioweg op kunnen treden, worden er in het blokje kanaalcodering weer bits aan toegevoegd, met corrigerende en detecterende codes. Een totaal van 22.8 kbit/s moet via de radioweg verzonden worden. De ontvanger, in dit geval het BS, verwijdert door middel van kanaaldecodering de opgetreden fouten zo veel mogelijk. In het blokje brondecodering moeten de ontvangen 13 kbit/s van het gecodeerde spraaksignaal weer worden omgezet in een spraaksignaal van 104 kbit/s. In het vaste net wordt tenslotte een iets efficiëntere wijze van quantiseren gebruikt, namelijk A-law quantisatie met 8 bits per sample.



Figuur 2.1 : bitsnelheden van mobiel station naar telefoonnetwerk.

De volgende hoofdstukken beschrijven hoe de hoeveelheid data van 104 kbit/s teruggebracht wordt naar 13 kbit/s, terwijl een goede spraakkwaliteit gehandhaafd blijft.

3. Principes van spraakcodering

Een spraaksignaal kan efficiënter worden weergegeven met behulp van twee principes:

1. Het verwijderen uit het signaal van redundante (overtollige) informatie. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het feit dat spraak door een mens wordt geproduceerd en als gevolg daarvan een aantal eigenschappen bezit, waardoor de ontvanger in staat is een voorspelling te doen over het toekomstige signaal, op grond van het signaal, dat hij reeds heeft ontvangen. Het verwijderen van redundantie bestaat er uit alles uit het signaal te verwijderen, wat de ontvanger ook kan voorspellen.

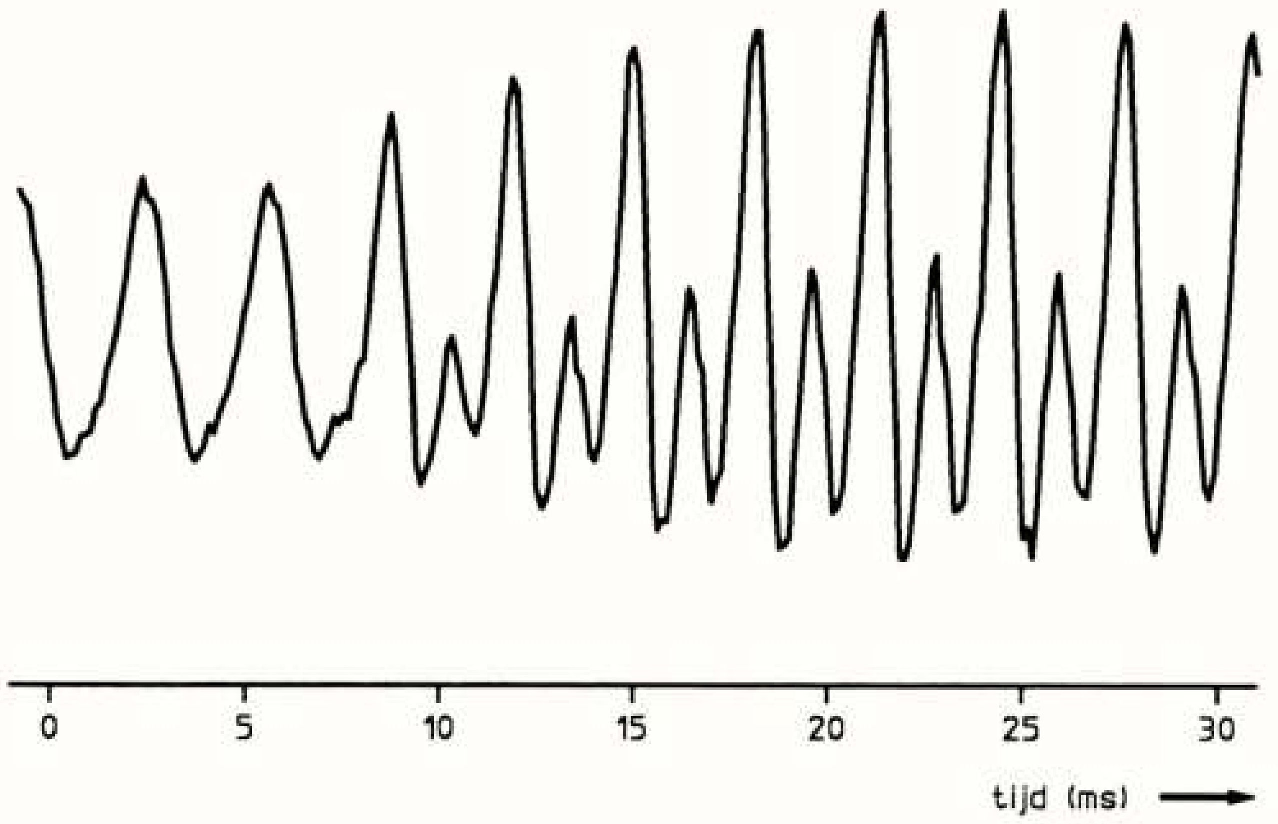
2. Het verwijderen van irrelevantie. Hierbij maken we gebruik van dat het menselijk gehoor bepaalde afwijkingen van het originele spraaksignaal niet kan waarnemen. Bijvoorbeeld kleine afrondingen of fouten die door andere delen van het signaal gemaskeerd worden zijn daardoor toegestaan.

Het gebruik van beide principes is terug te vinden in het gebruikte codeersysteem.

4. De RPE-LTP codec

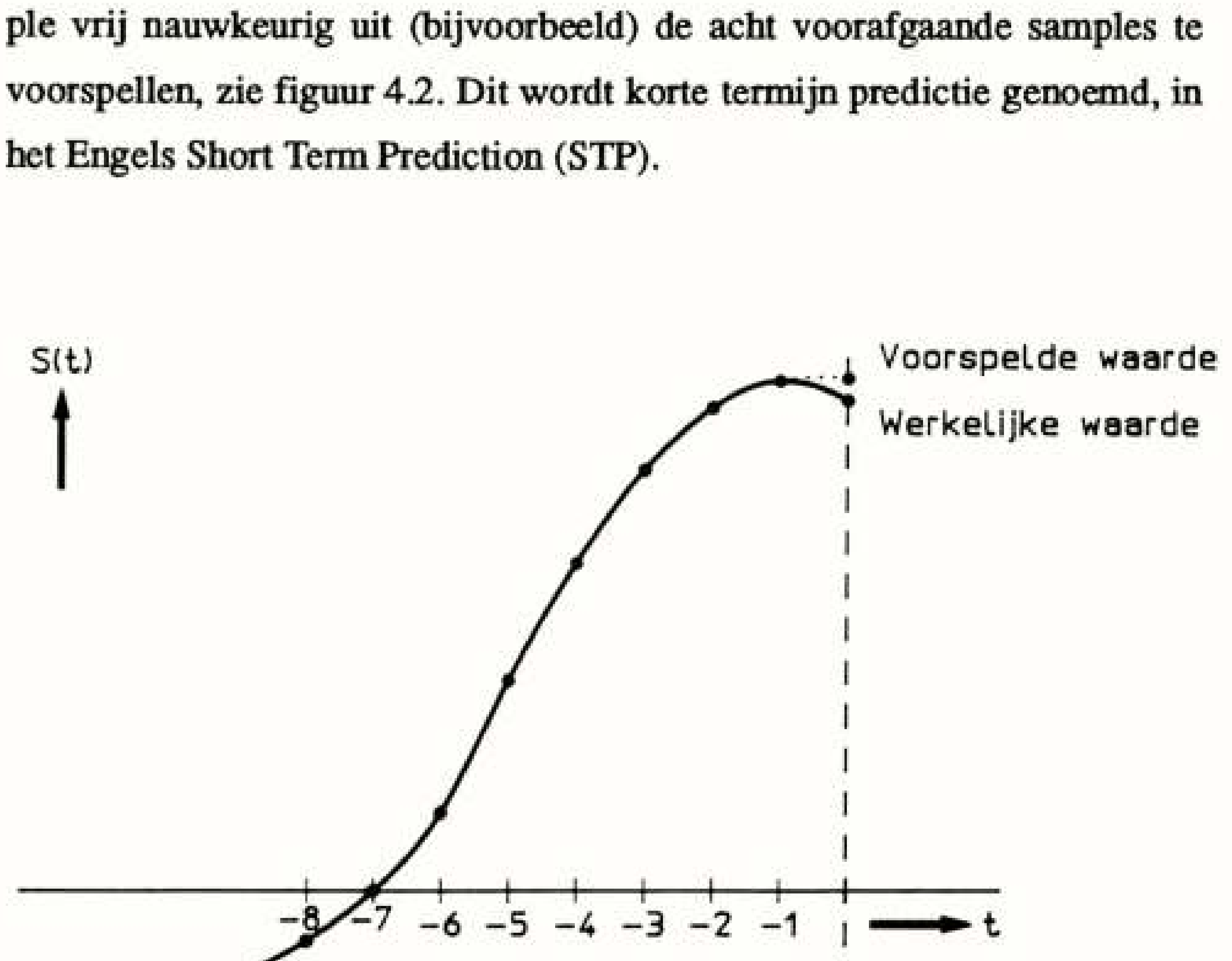
Het codeersysteem dat in GSM wordt gebruikt, wordt aangeduid met de naam RPE-LTP codec. Codec is een samentrekking van COder-DECoder; RPE en LTP zijn twee technieken die de codec gebruikt en die aan de orde zullen komen.

Allereerst zal besproken worden, welke overtollige informatie een spraaksignaal bevat en hoe deze verwijderd wordt. Figuur 4.1 geeft een voorbeeld van een spraaksignaal. Aan dit signaal kunnen twee aspecten opgemerkt worden.



Figuur 4.1: voorbeeld van een spraaksignaal.

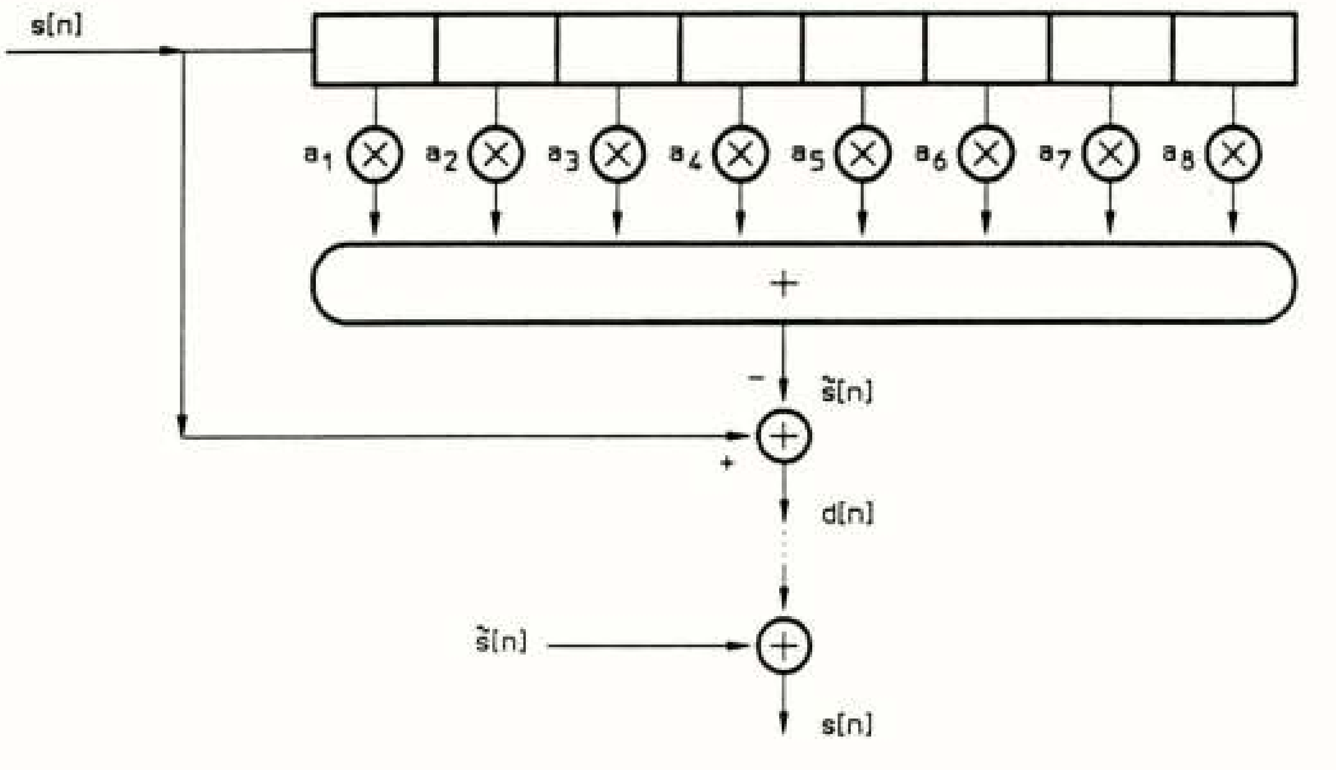
Het eerste aspect is dat het signaal vrij vloeiend verloopt: er zitten geen grote sprongen in. Dit verschijnsel wordt aangeduid met korte termijn afhankelijkheid. Deze afhankelijkheid maakt het mogelijk een signaalsample vrij nauwkeurig uit (bijvoorbeeld) de acht voorafgaande samples te voorspellen, zie figuur 4.2. Dit wordt korte termijn predictie genoemd, in het Engels Short Term Prediction (STP).



Figuur 4.2: Short Term Prediction.

Wat nu van zender naar ontvanger overgezonden moet worden, is alleen het verschil tussen de voorspelde waarde en de werkelijke waarde. De ontvanger heeft namelijk al de beschikking over de acht samples in het verleden en is in staat om dezelfde voorspelling te doen. Als hij nu de verschilwaarde ontvangt en die bij zijn voorspelling optelt, is het sample daarmee gereconstrueerd.

De voorspelling gebeurt met de structuur die is weergegeven in figuur 4.3. De bovenste blokjes stellen een schuifregister voor, waarin de acht meest recente samples worden bewaard. Deze samples worden vermenigvuldigd met de factoren a1 tot en met a8 om een zo goed mogelijke voorspelling $\tilde{s}$ te krijgen. Deze factoren worden elke 20 ms opnieuw berekend en moeten als zij-informatie naar de ontvanger worden gestuurd, opdat deze in staat is exact dezelfde voorspelling te doen. De factoren worden zodanig ingesteld, dat het verschilsignaal d voor de bewuste 20 ms minimale energie heeft. De structuur in figuur 4.3 is die van een digitaal filter en de factoren a1 tot en met a8 vormen de filtercoëfficiënten.



Figuur 4.3: de STP-bewerking.

Zoals in figuur 4.2 te zien is, is de verschilwaarde veel kleiner dan de werkelijke waarde. Hierdoor is deze verschilwaarde bij gelijke nauwkeurigheid met minder bits te quantiseren dan de oorspronkelijke waarde. Voor de overdracht van de filtercoëfficiënten en van het verschilsignaal zijn minder informatiebits nodig dan voor de overdracht van het originele signaal.

Het tweede aspect dat is op te merken in figuur 4.1 is het sterk herhalende karakter van het signaal. De herhalingsfrequentie komt overeen met de trillingsfrequentie van de stembanden. (In figuur 4.1 wordt een golfvorm na ongeveer 3 ms herhaald. Dit komt overeen met een toonhoogte van de stem van 330 Hz.) De samples op tijdstip t zijn sterk afhankelijk van de samples op tijdstip t-N, waarbij N de herhalingsperiode voorstelt. Dit wordt aangeduid met lange termijn afhankelijkheid.

In de spraakcodering wordt hiervan gebruik gemaakt door het signaalsample op tijdstip t-N, dat al bij de ontvanger bekend is, als voorspelling te gebruiken voor het sample op tijdstip t, en wederom alleen het verschil, het residu, over te zenden. De herhalingsperiode N en de versterkingsfactor β die de sterkteverhouding aangeeft moeten als zij-informatie worden overgezonden. Voor de overdracht van deze signalen zijn weer minder bits nodig dan voor het originele spraaksignaal. Deze techniek wordt lange termijn predictie genoemd (Long Term Prediction, LTP).

De LTP vindt in de coder plaats na de STP, die alleen de korte termijn afhankelijkheid verwijdert. De herhalingsperiode N wordt als volgt berekend. Voor ieder signaalsegment van 5 ms wordt in het verleden gezocht

naar een signaalsegment dat 'het meest lijkt op', dat wil zeggen de hoogste correlatie heeft met het actuele segment. De correlatie wordt berekend met:

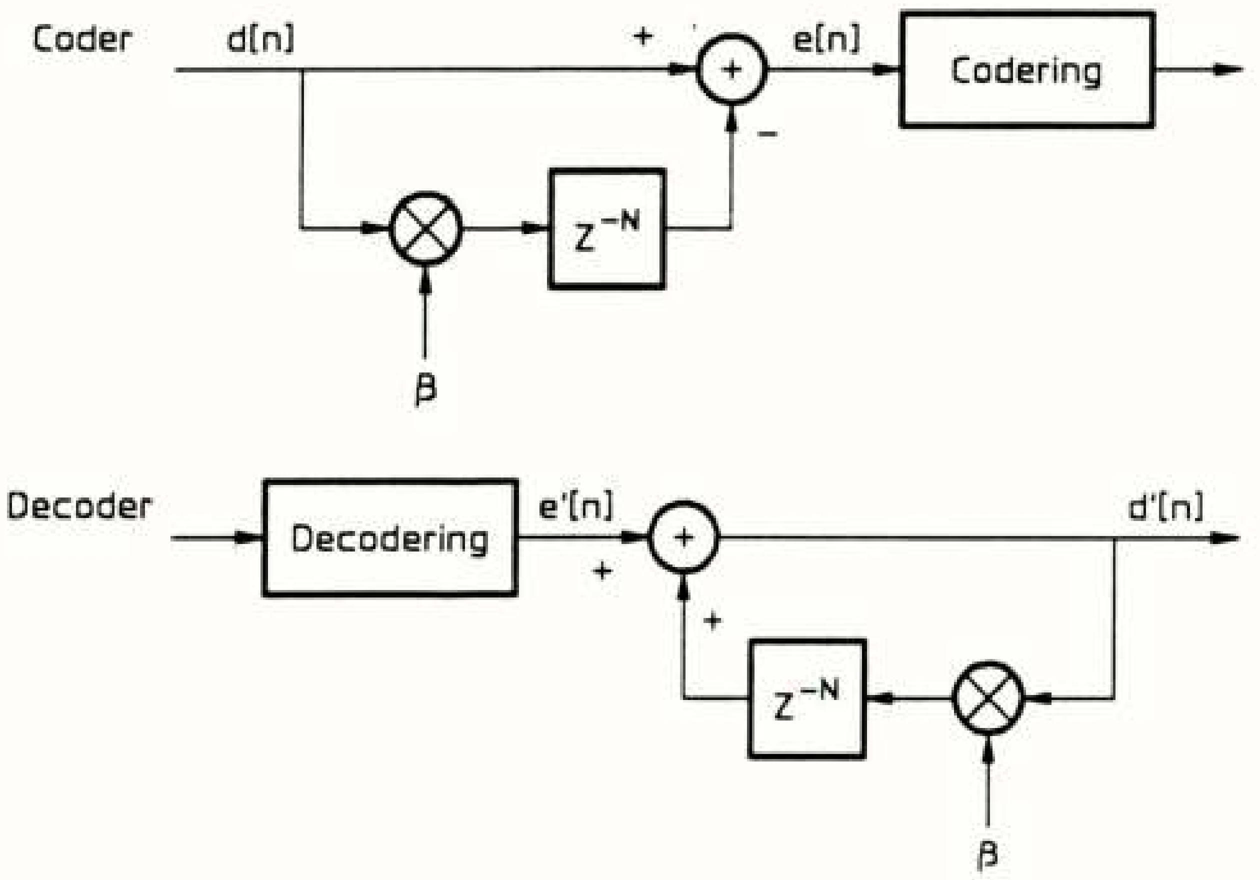
$$C[L] = \sum_{n=1}^{K} d[n] * d[n-L].$$

Hierbij is d[n] het signaal dat overblijft na de STP, en K het aantal samples in een segment van 5 ms. N is nu de waarde van L waarvoor C maximaal is.

Figuur 4.4 geeft een (enigszins vereenvoudigd) blokschema voor het verwijderen van de lange termijn afhankelijkheid. In deze figuur stelt Z^{-n} een vertraging over N samples voor. Aan de ingangen van de bovenste sommator staan derhalve d[n] en β *d[n-N]. Ook dit is een digitaal filter, met slechts één filtercoëfficiënt, β.

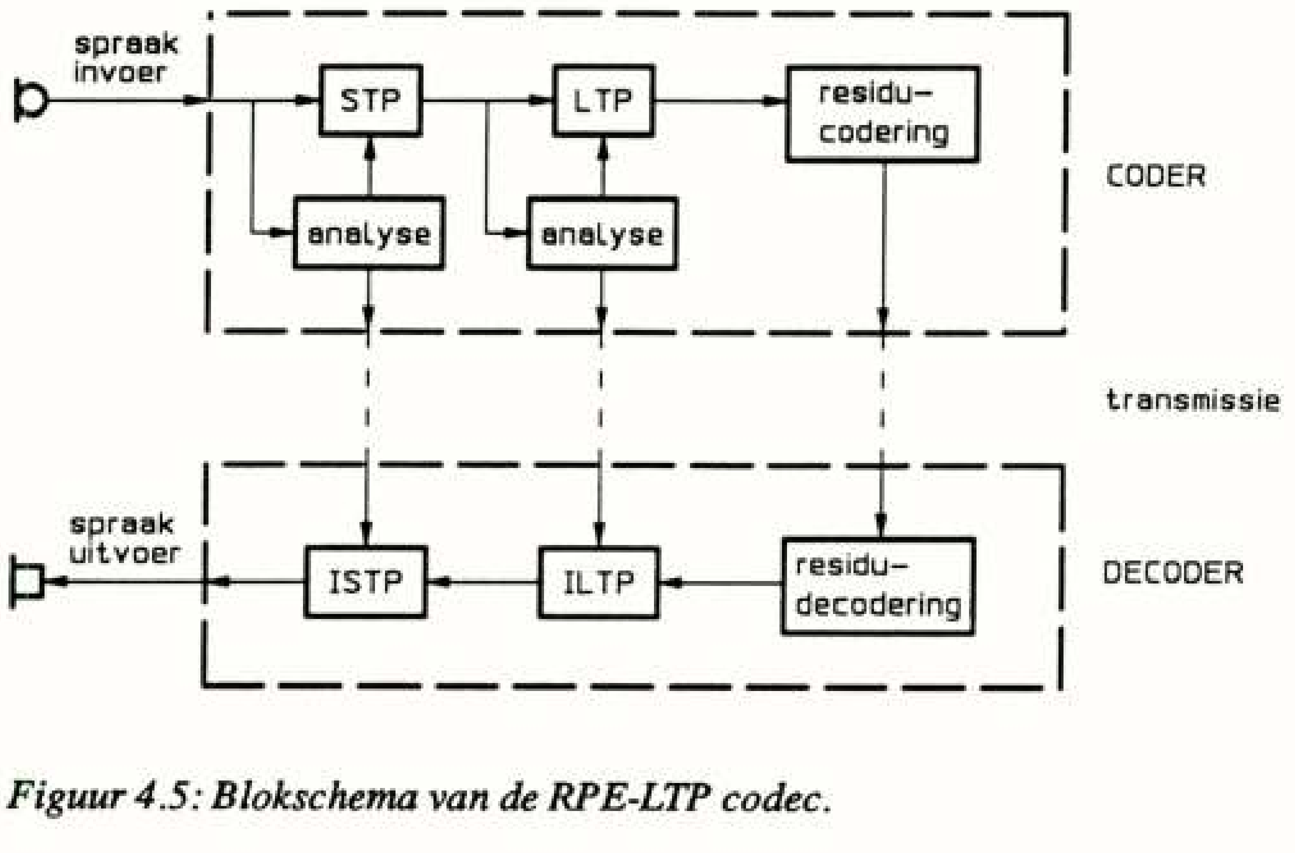
In werkelijkheid is de codering (en decodering) bij de voorspelling meegenomen, zodat de coder de voorspelling uitsluitend doet met behulp van data die ook bij de decoder beschikbaar is.

N kan met 7 bits foutloos worden weergegeven, β wordt gequantiseerd en met 2 bits gecodeerd.



Figuur 4.4: Blokschema voor het verwijderen van de lange termijn afhankelijkheid.

Figuur 4.5 toont het blokschema van de volledige RPE-LTP coder, waarvan nu nog de residucodering en -decodering behandeld moeten worden. De STP en de LTP komen neer op het verwijderen van redundantie; de residucodering berust op het verwijderen van irrelevantie.

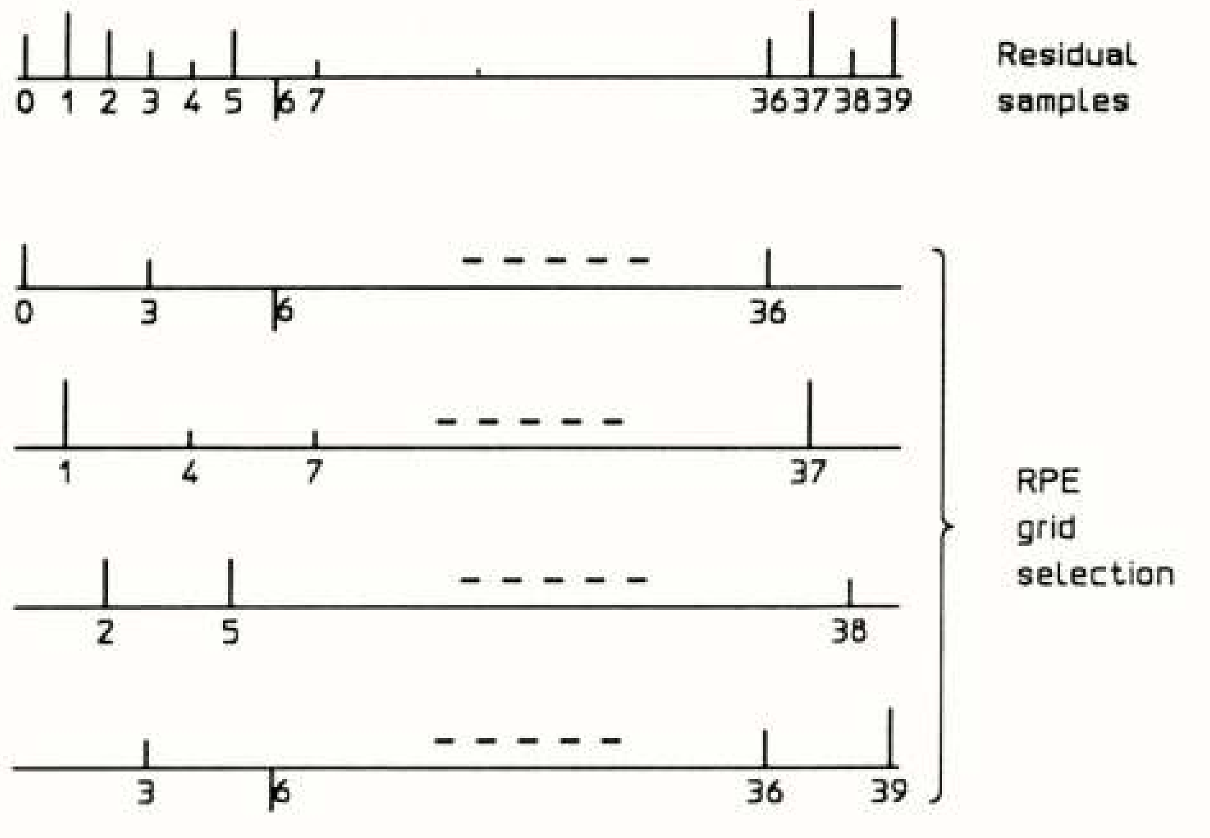


Figuur 4.5: Blokschema van de RPE-LTP codec.

De residucodering geschiedt ook weer op segmenten van 5 ms, dat wil zeggen van 40 samples. Er zijn niet voldoende bits beschikbaar om deze alle 40 te coderen en te verzenden. Het segment wordt nu laagdoorlaat gefilterd waarna er slechts 13 samples worden verzonden. Deze 13 samples zijn op gelijke afstanden in de tijd gelegen. Deze techniek heet Regular Pulse Excitement (RPE). Er is nu nog de keuze tussen de reeksen (zie figuur 4.6):

0, 3, 6, ... , 36
1, 4, 7, ... , 37
2, 5, 8, ... , 38 of
3, 6, 9, ... , 39

De reeks met de meeste energie wordt gekozen. (De energie is de som van de kwadraten van de samples). Deze keuze wordt de RPE grid selection genoemd; aan de decoder moet als zij-informatie worden gemeld, hoe de keuze is uitgevallen. Dit kan met 2 bits gecodeerd worden.



Figuur 4.6: 13 equidistante samples van het residu worden verzonden.

De 13 uitgekozen samples worden als volgt APCM gecodeerd. Allereerst worden ze genormeerd. De maximale waarde van de samples wordt daartoe opgezocht. Deze wordt logaritmisch gequantiseerd en met 6 bits gecodeerd. Hierna worden alle samples door het gequantiseerde maximum gedeeld. De aldus genormeerde samples worden uniform gequantiseerd en met 3 bits per sample gecodeerd.

Dat er slechts 13 van de 40 samples worden verzonden en dat deze gequantiseerd zijn, veroorzaakt voor een luisteraar geen grote degradatie van het signaal. De perceptief belangrijke onderband, tot 4/3 kHz, wordt hiermee namelijk wel verzonden en de afrondingen door de quantisatie zijn voldoende klein.

Bij de decoder vinden als volgt de inverse bewerkingen van de beschreven technieken plaats. De ontvangen residu-samples worden gedecodeerd en weer opgeschaald door ze te vermenigvuldigen met het gedecodeerde maximum. Met behulp van de Grid positie worden de samples op de juiste plaats gezet en aangevuld met nullen. Bij dit gereconstrueerde residusignaal wordt met behulp van N en β in het blokje ILTP in figuur 4.5 de lange termijn predictie opgeteld. Hierna wordt in ISTP de korte termijn predictie bij het signaal opgeteld, wat het gereconstrueerde signaal oplevert.

De verdeling van de 13 kbit/s over de verschillende parameters en het residu staat afgedrukt in tabel 4.1.

Parameter	Aantal per 20 ms	Aantal bits per parameter	Aantal bits per 20 ms	Aantal bits per seconde
STP filtercoëff.	8	3, 4, 5, 6	36	1800
LTP versterking	4	2	8	400
LTP periode	4	7	28	1400
Maximum v. residu	4	6	24	1200
Grid positie	4	2	8	400
Residu samples	52	3	156	7800
Totaal:			260	13000

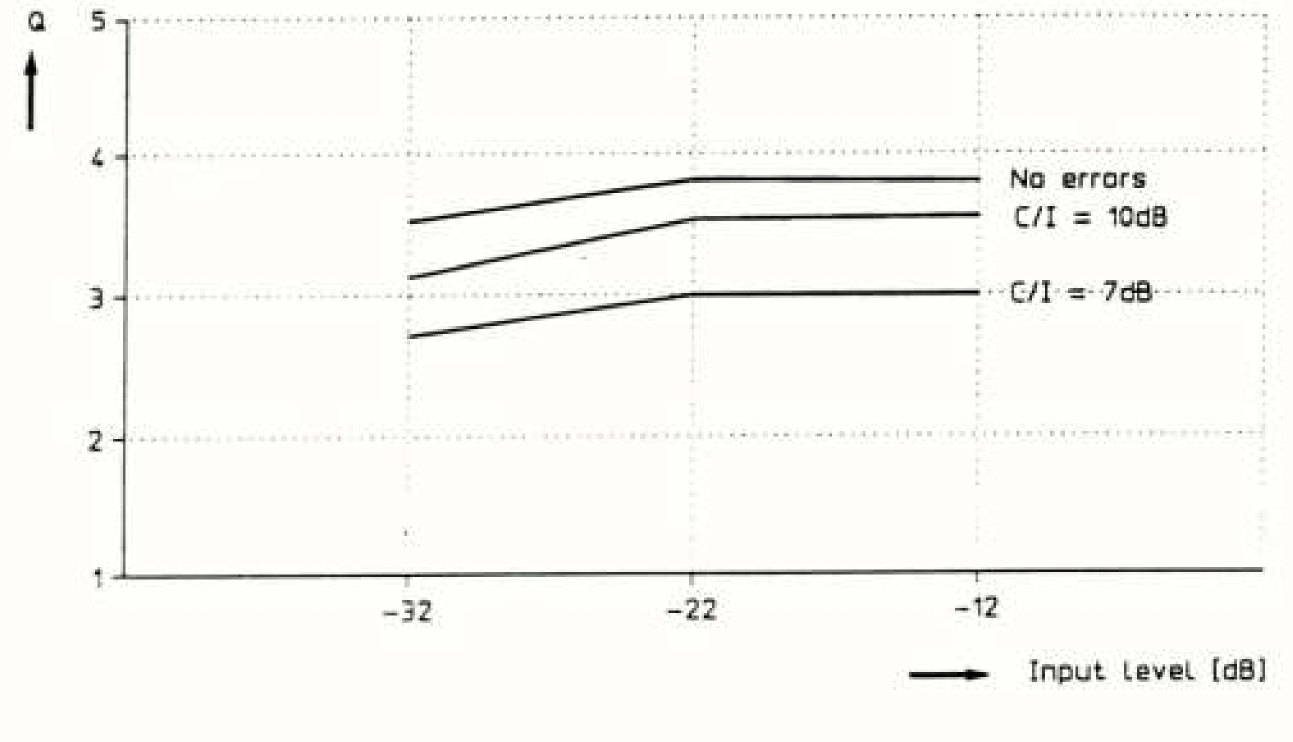
Tabel 4.1: bitverdeling van de codec.

5. De spraakkwaliteit

De kwaliteit van het gereconstrueerde signaal is met behulp van uitgebreide luistertests in zes talen vastgesteld en staat afgebeeld in figuur 5.1. Verticaal staat de Mean Opinion Score (MOS) uitgezet. De MOS is het gemiddelde oordeel van een groot aantal luisteraars bij verschillende sprekers. Een MOS van 3 komt overeen met het oordeel 'redelijk', een MOS van 4 met het oordeel 'goed'. Horizontaal staat het input level uit, het volume waarmee de spreker praat. De kwaliteit van de spraak blijkt vrijwel niet af te hangen van dit input level.

Als parameter bij de verschillende curven is de kwaliteit van het transmissiekanaal uitgezet. 'No errors' is een foutvrij kanaal. C/I staat voor Carrier/Interferer, de verhouding in gemiddeld ontvangen vermogen van de bedoelde zender ten opzichte van een storende zender. Een C/I van 10 dB komt overeen met een bitfoutkans van 5%, die van 7 dB met een bitfoutkans van 9%. Dit laatste betekent, dat gemiddeld één op de elf bits fout wordt ontvangen. Deze hoge kanaalfoutkansen zijn typerend voor mobiele communicatie en de reden waarom er zoveel bits aan foutprotectie worden gespendeerd, zie figuur 2.1.

Geconcludeerd kan worden, dat de codec, ondanks de beperking van de bitsnelheid met een factor acht, onder (bijna) alle omstandigheden een kwaliteit levert die redelijk tot goed is.



Figuur 5.1: Subjectieve kwaliteit van de RPE-LTP codec.

6. Recente ontwikkelingen

Momenteel is standaardisatie gaande van een nieuwe codec voor GSM, die met de helft van de bitrate van de RPE-LTP een gelijke spraakkwaliteit moet leveren. Deze codec, genaamd de Half Rate Codec, moet derhalve het spraaksignaal met ongeveer 6 kbit/s coderen. De totale bitrate inclusief foutprotectie zal zijn 11,4 kbit/s. Tot op heden voldoet geen van de kandidaten aan de eis van gelijke spraakkwaliteit, maar zodra dit doel bereikt is, is door het gebruik van de Half Rate Codec een verdubbeling van de capaciteit van het net mogelijk.

Voordracht gehouden tijdens de 402e werkvergadering.

Radioaspecten van GSM

Ir. R.W. Hendriks
Koninklijke PTT Nederland NV, PTT Research

RADIOASPECTS OF GSM

The "Global System for Mobile communication" (GSM-system) is the first standardised cellular radio system to use digital transmission. It will be introduced in the Netherlands in 1993. This paper gives an overview of the most important radio-aspects of GSM. The cellular concept and its influence on the establishment of a speech connection are described. Furthermore the principal features of the GSM radio-interface are highlighted.

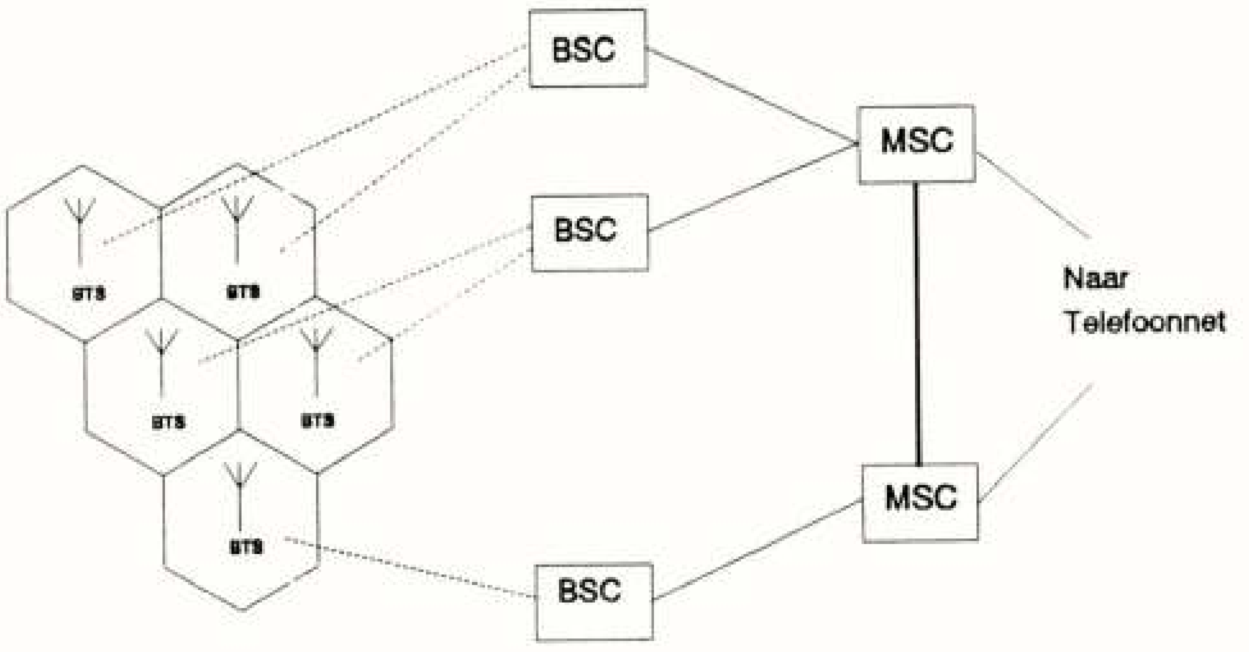
1. INLEIDING

Het GSM-systeem is een volledig digitaal systeem voor mobiele communicatie. In Nederland zal dit systeem in 1993 onder de naam ATF-4 operationeel worden. In dit artikel wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste radioaspecten van het GSM-systeem. Voor een meer gedetailleerdere beschrijving wordt verwezen naar [1,2].

In hoofdstuk 2 wordt een overzicht van het GSM radionetwerk gegeven. Hier zal nader ingegaan worden op het cellulaire karakter van dit systeem, en de invloed hiervan op de opbouw van een spraakverbinding. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de radiointerface. Hier wordt beschreven hoe de spraakoverdracht via de radioweg verloopt.

2. HET GSM RADIONETWERK

Het GSM-systeem is een cellulair netwerk (zie figuur 1). Dit betekent dat een geografisch gebied opgedeeld wordt in kleine deelgebieden, de zogenaamde cellen. In het midden van elke cel bevindt zich een basisstation (Base Transceiver Station, BTS). Elk basisstation onderhoudt een radioverbinding met de mobiele gebruikers in zijn gebied. Een aantal basisstations zijn gekoppeld aan een "BaseStation Controller" (BSC). Deze zorgen voor de besturing van de BTS's. Enkele BSC's zijn met elkaar gekoppeld via een centrale, de "Mobile Switching Centre" (MSC). Via deze centrale vindt ook de koppeling met het vaste telefoonnet plaats.

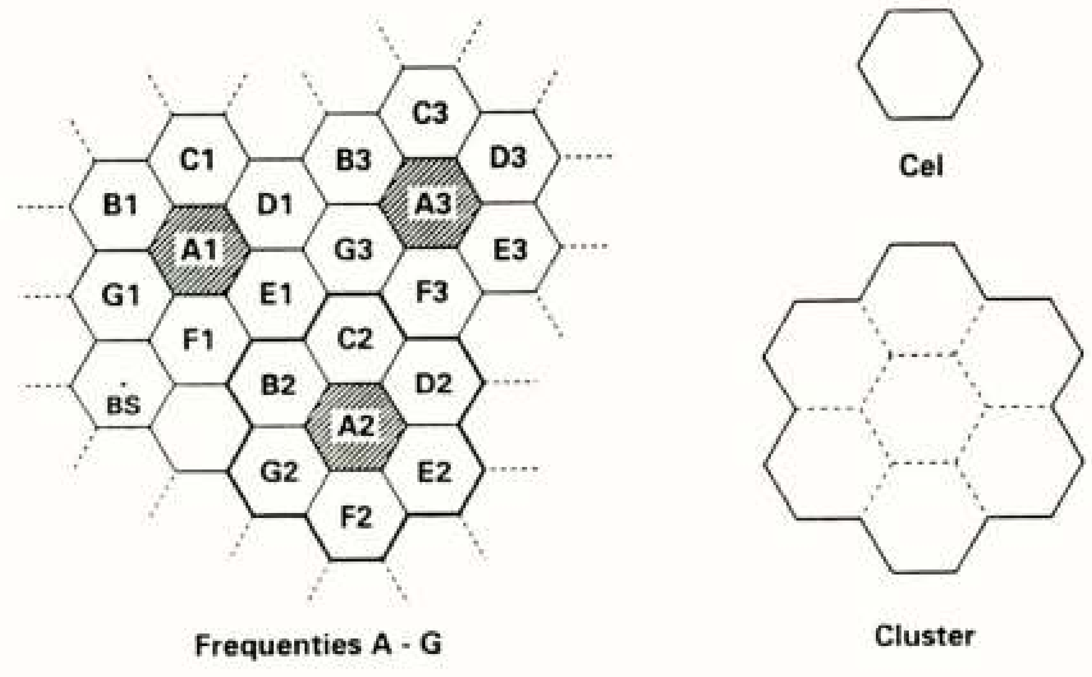


Figuur 1: Vereenvoudigd schema van het GSM netwerk.

Een van de belangrijkste eisen die aan GSM gesteld werden was de hoge capaciteit. GSM moest in staat zijn om in het jaar 2000 5 tot 10 miljoen gebruikers in Europa te kunnen bedienen, met een verkeersdichtheid van 25 Erlang/km^2. Deze hoge capaciteit wordt bereikt door gebruik te maken van de cellulaire opbouw van het net (frequentie hergebruik), en door gebruik te maken van digitale transmissie. In de volgende paragraaf zal hier nader op worden ingegaan. In §2.2 wordt beschreven wat de gevolgen van de cellulaire structuur zijn voor de opbouw van een spraakverbinding.

2.1. Cellulaire opbouw en capaciteit van GSM

Het GSM-systeem kent evenals conventionele systemen voor landmobiele communicatie een cellulaire netopbouw. In figuur 2 is het principe van een cellulair netwerk gestileerd weergegeven. Hierbij is uitgegaan van identieke basisstations en een homogene omgeving. Het bedekkingsgebied van een basisstation wordt dan beschreven door een cirkel. De hexagonale structuur ontstaat door de basisstations zo te plaatsen dat er voor een gegeven celstraal een minimaal aantal basisstations nodig is om een bepaald gebied te bedekken, en door vervolgens een cel te definiëren als het gebied waar het signaal van een bepaald basisstation het sterkst ontvangen wordt. In de praktijk zal er door de inhomogene omgeving geen sprake zijn van een dergelijke hexagonale structuur. De principes die in deze paragraaf beschreven worden blijven echter geldig.



Figuur 2: Cellulaire structuur.

In een cellulair netwerk wordt een verzameling cellen een cluster genoemd. De essentie van de cellulaire structuur is dat binnen elk cluster de beschikbare frequenties exact één keer gebruikt mogen worden. In naastliggende clusters mogen dus dezelfde frequenties gebruikt worden. De capaciteit van het netwerk neemt dus toe naarmate er meer clusters in het netwerk bestaan. Het aantal clusters in een systeem wordt bepaald door de celgrootte (het aantal cellen in het systeem) en door de clustergrootte (het aantal cellen per cluster). Het GSM netwerk in Nederland zal uit een honderdtal clusters bestaan, zodat elk kanaal op circa honderd plaatsen gelijktijdig gebruikt kan worden.

De minimale clustergrootte wordt voornamelijk bepaald door de toegepaste modulatietechniek. In figuur 2 is als voorbeeld een netwerk met een clustergrootte van 7 weergegeven. Hierbij is ook de herhalingsstructuur van de beschikbare frequenties "A" tot "G" aangegeven. In de cellen "A1", "A2" en "A3" worden dus dezelfde frequenties gebruikt. De basisstations in de

cellen "A2" en "A3" zullen storen op de mobielen die zich in cel "A1" bevinden. Zolang de signaal-stoorverhouding (carrier to interference ratio, C/I) echter boven een bepaalde drempelwaarde ligt heeft dit geen nadelige invloed op de spraakkwaliteit. Bij ATF-3 is er sprake van frequentiemodulatie van analoge spraak. De toelaatbare C/I heeft een dusdanige waarde dat een clustergrootte van 16 nodig is. Bij GSM is er sprake van digitale modulatie gecombineerd met foutencorrigerende codering. Hierdoor kan met een clustergrootte van 7 volstaan worden. Aangezien de effectieve bandbreedte per spraakkanaal in beide gevallen 25 kHz bedraagt betekent dit dat GSM ruim tweemaal zo efficiënt gebruik maakt van het frequentiespectrum als ATF-3.

Om de capaciteit van een netwerk te verhogen kan ook de oppervlakte van een cel verkleind worden. Ook hierdoor kan het aantal clusters per oppervlakte-eenheid vergroot worden. Dit betekent echter dat er meer basisstations nodig zijn om een bepaald gebied te bedekken, en dus dat de kosten hoger zijn. Technisch gezien wordt de minimale celstraal voornamelijk bepaald door het "handover" gedrag. Hier wordt in de volgende paragraaf nader op ingegaan.

2.2. Gespreksopbouw en handover

Gegeven de cellulaire structuur is het interessant om naar de gespreksopbouw te kijken, en dan met name hoe een gesprek in stand gehouden wordt als een mobiel van cel verandert (handover).

Elk basisstation bezit een controlekanaal (Broadcast Control Channel, BCCH) waarop continu informatie over het eigen basisstation en omliggende basisstations uitgezonden wordt. Een inschakelend mobiel zal eerst het sterkste BCCH opzoeken. Vervolgens zal het mobiel zich op dit basisstation registreren. Door deze registratie weet het GSM-netwerk waar het mobiel zich bevindt. Hierdoor kan een gesprek uit het vaste net naar het goede basisstation geleid worden.

Nadat een mobiel zich geregistreerd heeft zal het steeds de sterkte van het BCCH van het eigen basisstation en van de omliggende basisstations meten. Als het mobiel een sterker basisstation vindt zal het zich, in principe, op dit nieuwe basisstation her-registreren (cross-over). In de idle-mode zal het mobiel ook steeds naar het "paging" kanaal luisteren. Via dit kanaal worden oproepberichten voor het mobiel verzonden.

Als een mobiel een gesprek wil beginnen meldt hij dit via een random access kanaal (Random Access Channel, RACH) aan het basisstation waaraan hij op dat moment gekoppeld is. Vervolgens vindt er eerst signalering plaats voor de authenticatie. Dit gebeurt via een apart controlekanaal (Stand-alone Dedicated Control Channel, SDCCH). Tenslotte wijst het basisstation een verkeerskanaal (Traffic Channel, TCH) toe aan het mobiel. Het gesprek is nu tot stand gebracht.

Wanneer de mobiele gebruiker zich gedurende de spraakverbinding van de ene naar de andere cel verplaatst moet de verbinding overgenomen worden door het basisstation van die nieuwe cel: er is dan sprake van een handover.

De handover-procedure moet ervoor zorgen dat een mobiel steeds een radioverbinding heeft met dat basisstation dat de beste spraakkwaliteit levert. Meestal zal dit het dichtstbijzijnde basisstation zijn. Indien een mobiel een verbinding heeft met een verkeerd basisstation (waarschijnlijk een basisstation dat te ver weg is) zal dit niet alleen een slechte verbinding leveren voor dit mobiel, maar zal het mobiel ook een hoge interferentie leveren, aangezien het zich dichtbij een cel zal bevinden waarin de radiofrequentie hergebruikt wordt. Een goede handover-procedure is daarom van groot belang in een cellulair systeem.

Om de handover-procedure te kunnen controleren heeft het systeem informatie nodig omtrent de kwaliteit van de spraakverbinding van het mobiel met het huidige basisstation en omtrent de kwaliteit van potentiële verbindingen met alternatieve basisstations. In het GSM-systeem meten mobiel en basisstation daartoe de kwaliteit van de huidige verbinding en meet het mobiel tijdens het gesprek de veldsterkte van de nabijgelegen basisstations. Het mobiel rapporteert de resultaten van zijn metingen aan het netwerk, via het basisstation waarmee hij momenteel verbonden is. Hiervoor gebruikt het mobiel het zogenaamde "Slow Associated Control Channel (SACCH)". Aan de hand van deze gegevens beslist het netwerk of een handover nodig is en besluit tot een handover als een kanaal beschikbaar is op een van de basisstations die een verbeterde spraakkwaliteit kunnen leveren.

Voor het uitvoeren van een handover is vrij veel signalering nodig, zowel op de radioweg als in het vaste net. De signalering van GSM is zo ontworpen dat er gemiddeld 1 à 2 handovers per gesprek kunnen plaatsvinden. Dit is een van de redenen dat de celstraal groter moet zijn dan circa 1 km.

3. DE RADIOINTERFACE

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de communicatie tussen mobiel en basisstation verloopt. Voor de dataoverdracht tussen basisstation en mobiel station zijn een aantal logische kanalen gedefinieerd. De logische kanalen zijn verdeeld in

- Verkeerskanalen (traffic channels, TCH), die gecodeerde spraak of gebruikersdata bevatten
- Signaleringskanalen, die signalerings- of synchronisatiedata bevatten. Hiertoe behoren de in §2.2 genoemde BCCH, SDCCH, SACCH etc.

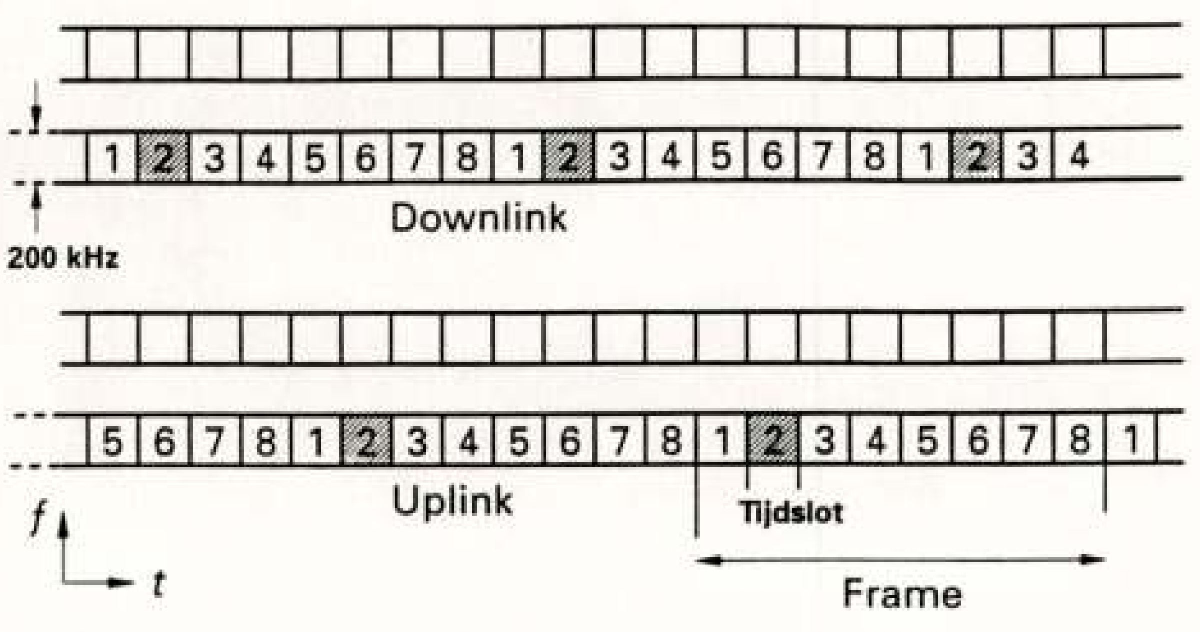
De verkeerskanalen worden nog onderverdeeld in "full-rate" en "half-rate" kanalen. De capaciteit van een full-rate kanaal bedraagt 22,8 kbit/s en die van een half-rate kanaal 11,4 kbit/s. Een full-rate kanaal neemt effectief een bandbreedte van 25 kHz in beslag; een half-rate kanaal 12,5 kHz. In de eerste fase van GSM is voor de spraakoverdracht een full-rate verkeerskanaal nodig. Met de half-rate codec die in 1995 beschikbaar dient te zijn kan de spraak over een half-rate verkeerskanaal verzonden worden. Door het gebruik van half-rate spraakcodecs kan de systeemcapaciteit verdubbeld worden.

In de volgende paragrafen worden op twee aspecten van de GSM radiointerface nader ingegaan: de meervoudige toegang tot het radiokanaal en de opbouw van de zender/ontvanger.

3.1. Meervoudige toegang tot het radiokanaal

Voor een verbinding tussen een basisstation en een mobiel station is op de radioweg een "fysiek kanaal" beschikbaar. Een fysiek kanaal ondersteunt een aantal logische kanalen. Voor een spraakverbinding ondersteunt een fysiek kanaal bijvoorbeeld een full-rate verkeerskanaal (TCH) en het bijbehorende signaleringskanaal waarover de meetgegevens ten behoeve van handover verzonden worden (SACCH).

Om een groot aantal fysieke kanalen op de radioweg te kunnen realiseren, wordt gebruik gemaakt van een techniek die aangeduid wordt met Time Division Multiplexing/Frequency Division Multiplexing (TDM/FDM). Op de verbinding van mobiel naar basisstation, de uplink, wordt deze techniek aangeduid met Time Division Multiple Access/Frequency Division Multiple Access (TDMA/FDMA), zie figuur 3.



Figuur 3: TDM(A) en FDM(A) in GSM.

Voor GSM is een totale bandbreedte beschikbaar van 25 MHz. De band 935-960 MHz is gereserveerd voor de downlink (basisstation naar mobiel) en de band 890-915 is gereserveerd voor de uplink (mobiel naar basisstation). De duplexafstand bedraagt derhalve 45 MHz. De beschikbare bandbreedte wordt verdeeld in een aantal radiokanalen van elk 200 kHz breed. De tijd-as van elk radiokanaal wordt verdeeld in tijdsleuven met een vaste duur (0,58ms). Acht opeenvolgende tijdsleuven vormen een frame. Een fysiek kanaal wordt gedefinieerd als één tijdsleuf per frame van één radiokanaal. In figuur 3 geven de gearceerde tijdsleuven één fysiek kanaal weer. Per radiokanaal kunnen dus 8 gelijktijdige gesprekken plaatsvinden.

In paragraaf 2.2 is beschreven dat een mobiel tijdens een spraakverbinding continu de sterkte van omliggende basisstations moet meten. Uit figuur 3 volgt hoe dit mogelijk is. Tijdens een frame zendt het mobiel gedurende een tijdsleuf, en ontvangt gedurende een in de tijd verschoven tijdsleuf. Dit betekent dat er nog 6 tijdsleuven over zijn, waarin het mobiel kan omschakelen naar een ander radiokanaal om de sterkte van een naastliggende basisstation te bepalen.

3.2. Spraakoverdracht via de radioweg

Aan de hand van figuur 4 wordt de overdracht van een "full-rate" spraaksignaal over de radioweg beschreven.

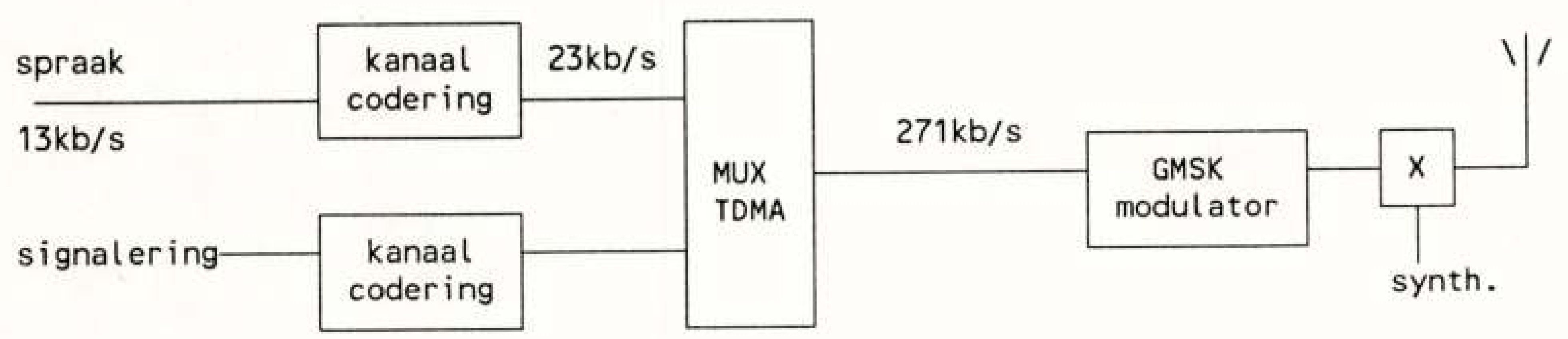
Op het gecodeerde spraaksignaal wordt eerst een kanaalcodering toegepast. Dit houdt in dat er extra bits aan de te verzenden data toegevoegd worden, zodat aan de ontvangstzijde eventuele transmissiefouten gedetecteerd en eventueel gecorrigeerd kunnen worden. In het MUX/TDMA blok worden de te verzenden bits verdeeld in pakketjes. Behalve de gecodeerde bits bevat elk pakket enige extra informatie voor de synchronisatie van de ontvanger. In het MUX/TDMA blok vindt ook de selectie van de tijdsleuf plaats waarin de pakketjes verzonden moeten worden. De resulterende bitstroom van circa 271 kbit/s wordt gemoduleerd door een Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK) modulator. De frequentiesynthesizer en mixer converteren dit basisbandsignaal naar de gewenste radiofrequentie in de 900 MHz-band.

In de ontvanger wordt het ontvangen signaal weer geconverteerd naar basisband. Het blok Synchronisatie/kanaalschatting bepaalt het beginpunt van elk datapakket en voert tevens een schatting uit van de momentane impulsresponsie van het radiokanaal (kanaalschatting). Deze bewerkingen vinden plaats door gebruik te maken van de extra bits die de zender in het MUX/TDMA blok toegevoegd heeft. De kanaalschatting is noodzakelijk voor de demodulatie en egalisatie. Uit de gedemoduleerde bitstroom selecteert het blok DEMUX/TDMA de voor deze verbinding van belang zijnde datapakketten. Tenslotte worden deze bitstromen gedecodeerd en is het spraaksignaal in de ontvanger beschikbaar.

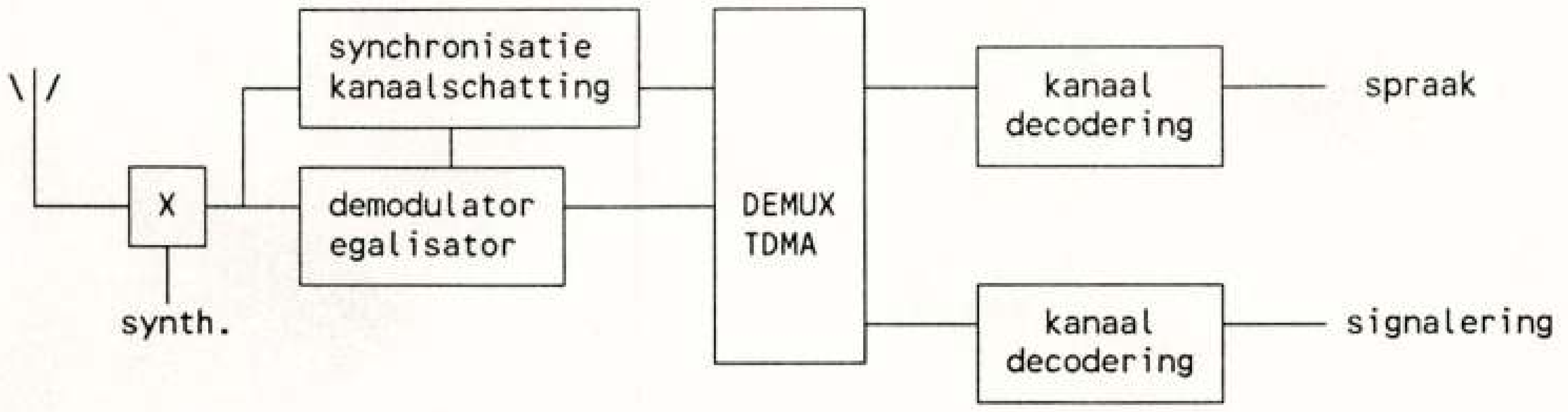
4. LITERATUUR

[1] Ochsner
"Das zukünftige paneuropäische digitale Mobiltelefonsystem"
Bulletin SEV/VSE 79(1988) pp. 603-608, 937-942, 1318-1324.

[2] M. Clayton
GSM: Global System for Mobile communication
North Sydney: Security Domain 1992
ISBN 0-646-07715-5 .



Figuur 4a: Blokschema zender GSM.



Figuur 4b: Blokschema ontvanger GSM.

Voordracht gehouden tijdens de 402e werkvergadering.

DIENSTEN EN NETWERKASPECTEN VAN HET GSM-SYSTEEM

A. Wilhelmus
Koninklijke PTT Nederland N.V., PTT Research

This paper describes services and networkaspects of the GSM-system. This cellular system will start operation in many European countries during the first half of this decade. It allows subscribers to make and receive calls throughout Europe while in motion and using the same mobile terminal. Next to this aspect of international roaming, it offers a high degree of security. This feature prevents fraudulent use of both terminal and network and protects the user against eavesdropping on the radiopath. In addition, the system offers a large variety of services - ranging from speech to complex dataservices like message handling and videotex - and supports a great number of terminal facilities of which the smartcard is probably the most important. It allows subscribers to use any suitable GSM-terminal and enables a user to call and be called on his personal account.

This paper summarizes the services offered by GSM, describes its security mechanism and discusses the most important terminal facilities. In addition, it describes the GSM network architecture and discusses the functions required in the fixed infrastructure to support (international) roaming (location registration and handover).

1. Diensten

De telecommunicatiediensten in GSM zijn, net als in het *Integrated Services Digital Network* (ISDN), in drie categorieën verdeeld:

- Dragerdiensten *(bearer services)*: de verbindingen die tussen twee aansluitingen van het net worden aangeboden, bijvoorbeeld een pakketgeschakelde verbinding met een bitsnelheid van 9600 bit/s;
- Telediensten *(teleservices)*: de diensten zoals de gebruiker aangeboden via de terminal, daarbij gebruikmakend van de beschikbare dragerdiensten. Voorbeelden hiervan zijn telefonie en facsimile;
- Aanvullende diensten *(supplementary services)*: diensten die een drager- of teledienst modificeren of aanvullen. Een voorbeeld is het doorschakelen naar een vooraf ingesteld nummer.

Er is naar gestreefd om zoveel mogelijk aan ISDN gelijkwaardige diensten te bieden. Daarom noemt men GSM ook vaak het 'mobiele ISDN'. De verschillen met de ISDN-diensten komen onder andere voort uit de beperkte kanaalcapaciteit op de radiotoegang. De basis ISDN-toegang biedt standaard twee 64 kbit/s-verkeerskanalen en een 16 kbit/s-signaleringskanaal. De GSM-toegang biedt slechts één 22,8 kbit/s-verkeerskanaal en een 1,9 kbit/s-signaleringskanaal.

1.1. Drager- en telediensten

Naast de standaard spraakdienst zijn er in GSM een groot aantal datadiensten gedefinieerd. In grote lijnen zijn er een achttal dragerdiensten:

- Digitale circuitgeschakelde verbindingen, bedoeld voor *interworking* met de 3,1 kHz audio-ISDN-dienst. Deze dienst is bedoeld om datacommunicatie tussen GSM-gebruikers en abonnees van huidige analoge telefoonnetten mogelijk te maken;
- Circuitgeschakelde asynchrone duplex dataverbindingen met bitsnelheden van 300, 1200, 1200/75, 2400, 4800 en 9600 bit/s;
- Circuitgeschakelde synchrone duplex dataverbindingen met bitsnelheden van 1200, 2400, 4800 en 9600 bit/s;
- Circuitgeschakelde asynchrone duplex PAD-toegang met bitsnelheden van 300, 1200, 1200/75, 2400, 4800 en 9600 bit/s (PAD staat voor *Packet Assembler/Disassembler*, een functie die asynchroon aangeboden data assembleert tot pakketten geschikt voor vervoer over een pakketgeschakeld datanetwerk);
- Pakketgeschakelde synchrone duplex verbindingen met bitsnelheden van 2400, 4800 en 9600 bit/s;
- Afwisselend spraak en data;
- Spraak gevolgd door data;
- Digitale 12kbit/s-dataverbindingen.

Naast deze dragerdiensten zijn er een zestal telediensten gedefinieerd:

- Spraakcommunicatie: Telefonie en noodoproep;
- Korte-berichten-dienst;
- Toegang tot *Message Handling Systems* (MHS);
- Videotex;
- Teletex;
- Facsimile: Automatische groep 3 fax en afwisselend spraak en groep 3 fax.

Van de telediensten zijn de noodoproep en korte-berichten-dienst niet in ISDN gedefinieerd. De eerstgenoemde dienst biedt iedereen, dus ook personen die geen GSM-abonnement hebben, de mogelijkheid met een GSM-toestel een noodoproep te plaatsen (bijvoorbeeld 06-11). Van de korte-berichten-dienst zijn twee versies gedefinieerd. De *punt-punt* versie geeft een gebruiker de mogelijkheid een bericht van maximaal 160 tekens aan een *Service Centre* (SC) te versturen. Dit SC fungeert als *store-and-forward*-centrum en geeft het bericht door aan de geadresseerde mobiele abonnee als hij bereikbaar is. Met de *cell broadcast* versie kan aan alle mobiele abonnees die zich in een bepaalde radiocel bevinden een bericht van maximaal 93 tekens worden verzonden. Deze berichten zullen in het algemeen herhaald worden uitgezonden.

1.2. Aanvullende diensten

De aanvullende diensten zijn zoveel mogelijk overeenkomstig met die in ISDN. Vanwege de mobiele omgeving zijn er een aantal aangepast maar ook een aantal toegevoegd.

Nummerpresentatiediensten. Met deze diensten kan men zien, nog voordat er wordt opgenomen, met wie men belt (bij doorschakelen dus het nummer

van degene waarnaar is doorgeschakeld) of door wie men wordt gebeld. Met deze laatste dienst zou men kunnen besluiten een gesprek niet aan te nemen. Dit aspect is vooral van belang voor mobiele abonnees omdat hen ook een deel van de gesprekskosten wordt toegerekend als zij worden gebeld.

Deze diensten werken niet als men een geheim nummer heeft. Tevens kan een abonnee de presentatie van zijn of haar nummer verhinderen.

Directe doorschakeldiensten. Deze diensten maken het mogelijk binnenkomende oproepen onder bepaalde voorwaarden door te schakelen naar een andere - niet noodzakelijkerwijs - mobiele abonnee, zonder het gesprek eerst te accepteren. Er kan worden doorgeschakeld onder de volgende voorwaarden:

- altijd,
- als men bezet is,
- als men niet opneemt,
- als het mobiele station is uitgeschakeld of om een andere reden geen radiocontact heeft.

Wachtgesprek. Met deze dienst wordt de abonnee, tijdens een gesprek, van een binnenkomende oproep op de hoogte gesteld. Men kan vervolgens besluiten de oproep te beantwoorden, af te wijzen of te negeren. Als het gesprek wordt opgenomen, kan men kiezen om het bestaande gesprek te beëindigen of tijdelijk te onderbreken *(houdstand)*. De dienst 'houdstand' is ook onafhankelijk van het wachtgesprek mogelijk. De gebruiker kan hiermee een bestaand gesprek tijdelijk onderbreken om een nieuw gesprek te beginnen.

Terugbellen-bij-bezet. Deze dienst maakt het de opbeller mogelijk, na het bezet aantreffen van de opgebelde, het netwerk de opdracht te geven automatisch de verbinding op te bouwen als de opgebelde weer vrij is. De toepassing van deze dienst is echter beperkter dan de overeenkomstige ISDN-dienst. De verbinding kan alleen worden opgebouwd als de mobiele opbeller zich - tussen het activeren van de dienst en het vrijkomen van de gebelde - *niet* naar het verzorgingsgebied van een andere mobiele centrale heeft verplaatst.

Kostenindicatie. Hiermee kan de mobiele terminal redelijk betrouwbaar de gemaakte gesprekskosten berekenen. Aan het begin van een gesprek wordt het MS op de hoogte gesteld van de zogenaamde *charging rate*. Deze gebruikt dan een interne klok om de gespreksduur te bepalen en kan vervolgens met wat eenvoudige berekeningen de gesprekskosten vaststellen. Het bedrag verschijnt altijd in de munteenheid van de gebruiker, ongeacht het land waar het gesprek plaatsvindt. De conversie tussen de verschillende munteenheden is een zaak van de netwerkbeheerders en is verwerkt in de *charging rate*.

Oproepblokkeringsdiensten. Met deze diensten kan men verhinderen dat vanaf een GSM-toestel bepaalde soorten gesprekken (bijvoorbeeld een internationaal gesprek) kunnen worden gevoerd. Zowel (internationale) uitgaande als binnenkomende gesprekken kunnen worden geblokkeerd.

Naast de hierboven beschreven diensten zijn er nog een aantal andere gedefinieerd: het groepsgesprek, *freephone* (groene nummers), *reverse charging* (kostentoerekening aan de opgebelde), gesloten gebruikersgroepen, *malicious call identification* (het registreren van de bron van een oproep in het netwerk) en *mobile access hunting* (het verdelen van binnenkomende oproepen over een groep abonnees die allen onder eenzelfde nummer bereikbaar zijn).

2. Beveiliging

In GSM is veel aandacht besteed aan beveiliging. Enerzijds om misbruik van het netwerk tegen te gaan, anderzijds om de privacy van de gebruiker te beschermen. Als een abonnee toegang wenst, controleert het netwerk met behulp van cryptografische technieken eerst zijn identiteit. Dit wordt authenticatie genoemd. Het is gebaseerd op een uniek abonnee-identiteitsnummer en een geheime sleutel die door de netwerkbeheerder aan elke abonnee wordt toegekend. Om de privacy van een gebruiker te beschermen, wordt zijn identiteit op de radioweg zoveel mogelijk vervangen door een tijdelijke. Dit maakt het voor derden vrijwel onmogelijk om iemand te volgen. Tevens wordt zowel de gebruikersinformatie als de signalering over de radioweg versleuteld.

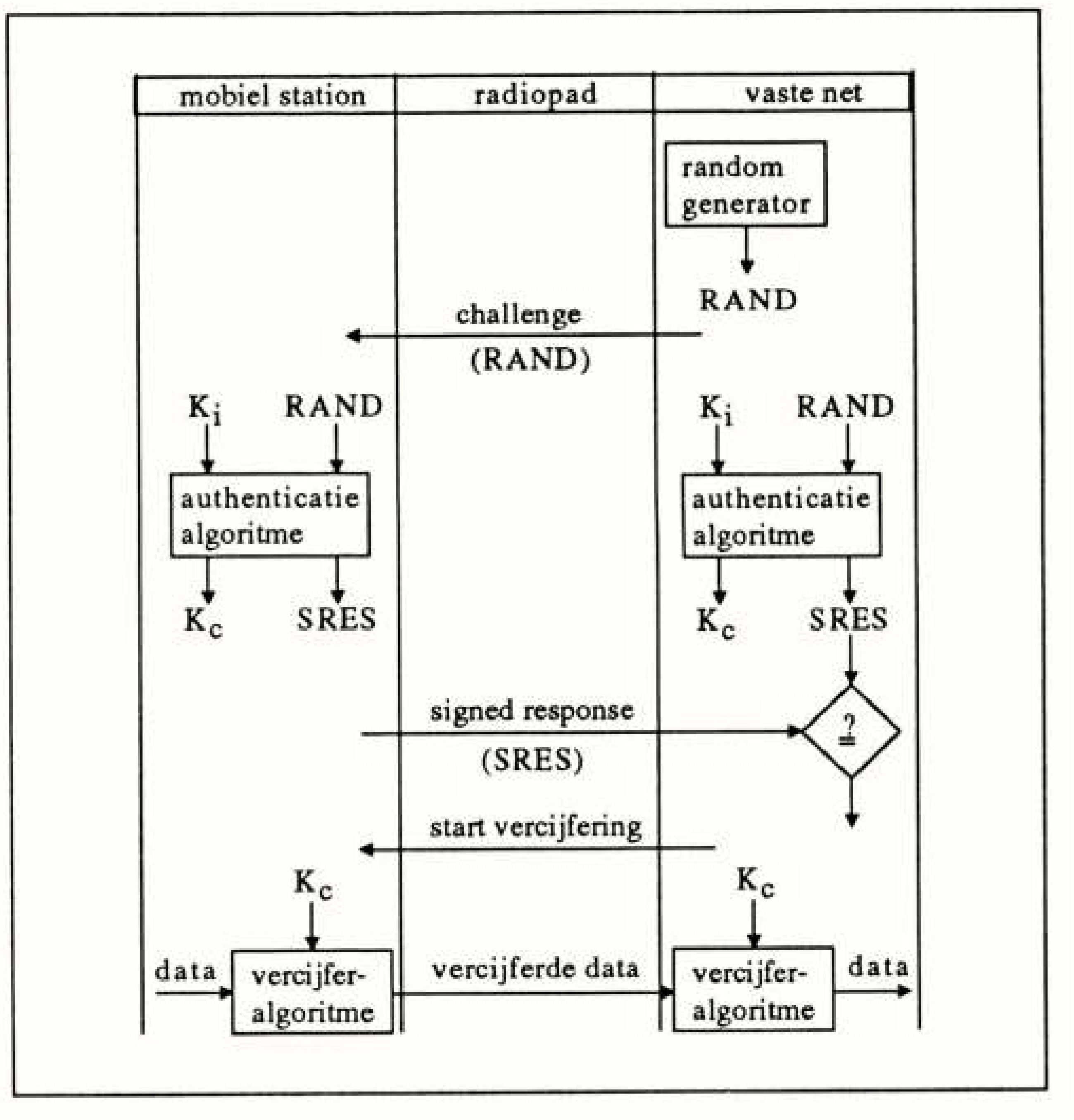


Fig. 1. Het beveiligingsalgoritme

Het beveiligingsalgoritme is in fig. 1 schematisch weergegeven. Als een gebruiker toegang wenst, zendt het mobiele station (MS) zijn (tijdelijke) identiteit naar het netwerk. Aan de hand van deze unieke identiteit vindt het netwerk de bij de gebruiker behorende geheime sleutel *(Secret Key K_i)*. Deze sleutel is ook in het MS aanwezig.

Om de identiteit van de gebruiker te kunnen verifiëren, genereert het netwerk een random getal (*RAND*) en zendt deze naar het MS. Vervolgens berekenen zowel het netwerk als het MS uit de *RAND* en de geheime sleutel K_i een zogenaamde Signed Response (*SRES*). Het netwerk vergelijkt de door beide berekende *SRES*-waarden en als deze gelijk zijn, verleent het toegang. Voor de berekening van *SRES* wordt een cryptografisch algoritme gebruikt; het MS en netwerk kunnen alleen dezelfde *SRES* genereren als beide in bezit zijn van dezelfde sleutel K_i (en dezelfde *RAND*). Als afgeleide van de authenticatie-procedure wordt ook een sessiesleutel K_c berekent. Deze wordt gebruikt voor het versleutelen van gebruikers- en signaleringsinformatie over de radioweg.

Het hierboven beschreven algoritme voorkomt dat de geheime sleutel over de radioweg moet worden uitgewisseld. Tevens kan deze sleutel altijd op één plaats in het netwerk bewaard worden: het thuisnetwerk van de abonnee. Als de gebruiker naar een ander netwerk zwerft, behoeft alleen een (nieuwe) *RAND* en de daarbij behorende *SRES* naar het 'vreemde' netwerk worden verzonden.

3. Toestelfaciliteiten

Voor GSM-toestellen zijn een groot aantal faciliteiten gedefinieerd. Hiervan zijn er een aantal verplicht terwijl de realisatie van de overige aan de fabrikanten wordt overgelaten. Naast bekende opties zoals nummerherhaling, verkort kiezen, nummerweergave, ontvangstindicatie en *handsfree*-bediening zijn er een aantal die min of meer uniek voor GSM zijn: de *smartcard*, de apparatuur-identiteit en indicatie/selectie van de netwerkbeheerder. Op deze laatst genoemde faciliteiten wordt hierna verder ingegaan. Zij moeten alle verplicht op een toestel aanwezig zijn.

3.1. De smartcard

De smartcard is een klein plastic kaartje met ingebouwde microprocessor. Het behoort niet tot het toestel, maar tot een persoon. De kaart voert onder andere alle beveiligingsfuncties uit en bevat de identiteit van de gebruiker en zijn geheime sleutel.

Met de introductie van de smartcard is een volledige scheiding aangebracht tussen de gebruiker en het randapparaat. Men ziet dit dan ook wel als een eerste stap tot *persoonsgebonden* communicatie: Verrekening van de gesprekskosten vindt plaats met de eigenaar-abonnee van de smartcard en niet, zoals in de huidige 'vaste' communicatie, met de eigenaar van het toestel.

Van de smartcard zijn twee uitvoeringsvormen gedefinieerd: Een altijd uitneembare op creditcard-formaat en de zogenaamde mini-smartcard waarvan de afmetingen niet zijn gestandaardiseerd. De eerst genoemde uitvoering kan worden gebruikt op elk daarvoor geschikt GSM-toestel. Dit biedt als voordeel dat de gebruiker niet steeds zijn eigen zak- of autotelefoon mee op reis hoeft te nemen, om toch op eigen rekening te kunnen bellen en gebeld te kunnen worden. Hij kan dan gebruik maken van openbare, gehuurde of geleende apparatuur. Men hoeft dus geen eigen toestel te kopen. De mini-smartcard is bedoeld voor semi-permanent gebruik in zaktelefoons waarvan de afmetingen niet beperkt mogen worden door het creditcard-formaat. De gebruiker zal deze kleine toestellen meestal met zich mee dragen, waardoor de noodzaak om de smartcard te verwijderen niet aanwezig is.

Naast de toegangsfuncties, bevat de smartcard onder andere ook functies voor de opslag van korte berichten en het cumulatief opslaan van gesprekskosten. Om illegaal gebruik te voorkomen, voert de smartcard ook de authenticatie van de eigenaar-abonnee uit. Dit geschiedt door middel van een PIN-code procedure.

Als de smartcard van een gebruiker wordt vermist, dan kan hij een nieuwe verkrijgen zonder dat zijn abonneenummer moet worden gewijzigd. *Hij blijft dan dus onder hetzelfde nummer bereikbaar.* Hiertoe wordt aan een abonnee twee nummers toegekend die onafhankelijk van elkaar kunnen worden gewijzigd: een abonnee-identiteit en een abonneenummer. De abonnee-identiteit wordt gebruikt voor de identificatie van de abonnee op de radioweg en is aangebracht op de smartcard. Het abonneenummer is het nummer dat de oproeper kiest om met de mobiele abonnee te bellen. Dit nummer wordt gebruikt voor de routering en wordt door de netwerkbeheerder toegekend aan de abonnee-eigenaar van de smartcard. Voor de abonnee is het alleen belangrijk zijn abonneenummer te kennen. De relatie tussen beide nummers ligt vast in het netwerk. Wordt nu een smartcard vermist, dan kan de abonnee-eigenaar een nieuwe verkrijgen met hierop een nieuwe abonnee-identiteit. De netwerkbeheerder zal de relatie tussen het abonneenummer en de nieuwe abonnee-identiteit in het netwerk vastleggen en zal tevens de oude abonnee-identiteit ongeldig verklaren. Dit laatste maakt het dan verder onmogelijk dat een ander de vermiste kaart nog kan gebruiken.

3.2. Apparatuuridentiteit

Omdat er geen directe relatie meer bestaat tussen de gebruiker en zijn toestel, wordt het moeilijk slecht functionerende of gestolen randapparatuur op te sporen. Om dit toch mogelijk te maken, wordt aan elk toestel een unieke apparatuuridentiteit toegekend. Deze identiteit kan worden opgevat als een soort serienummer dat wordt uitgegeven door een centraal Europees lichaam. Het nummer moet door de fabrikant op een veilige, en voor niemand toegankelijke, plaats in het toestel worden aangebracht. Een geldige identiteit garandeert de eigenaar dat hij een gekeurd toestel heeft gekocht. Het netwerk kan op elk moment de identiteit van een randapparaat opvragen en controleren. Als het een niet goed functionerend, een niet gekeurd of een gestolen toestel betreft, kan het netwerk het toestel weren.

3.3. Indicatie/selectie van de netwerkbeheerder

Bij de specificatie van GSM is er rekening mee gehouden dat het leveren van mobiele diensten in een land geen monopolie behoeft te zijn van één netwerkbeheerder. Dit is bijvoorbeeld het geval in Nederland, Duitsland en het Verenigd Koninkrijk. In die landen kunnen dus een aantal netwerken naast elkaar bestaan die elkaar geheel of gedeeltelijk kunnen overlappen. Daar waar dit het geval is (dit kan ook in grensstreken het geval zijn), moet een gebruiker het GSM-netwerk kunnen kiezen waartoe hij toegang wenst. Dit kan zowel handmatig (door de gebruiker) als automatisch. In het laatste geval vindt selectie plaats aan de hand van een prioriteitenlijst op de smartcard. Als men zich in eigen land bevindt, heeft de netwerkbeheerder waar men zich heeft geabonneerd altijd de hoogste prioriteit.

4. De netwerkarchitectuur

Fig. 2 toont de netwerkarchitectuur. Hierin zijn de belangrijkste netwerkelementen terug te vinden. De doorgetrokken lijnen geven aan tussen welke elementen signaleringsprotocollen zijn gedefinieerd. De onderbroken lijnen geven de relatie tussen de elementen en de netwerktopologie aan.

Het GSM-servicegebied bestaat uit een aantal afzonderlijke, maar met elkaar samenwerkende, openbare landmobiele netwerken (*Engels: Public Land Mobile Network; PLMN*) die elk een (soms gedeeltelijke) nationale dekking bieden. Een landmobiel netwerk in GSM bestaat uit de volgende elementen:

- *Base Station Controller* (BSC) en *Base Station Tranceiver* (BST). Deze vormen tezamen het radionetwerk. De BST verzorgt de radio-bedekking in een bepaald gebied: de cel. Het bevat alle apparatuur die nodig is om radiocommunicatie tussen het MS en het radionetwerk mogelijk te maken. De BSC vormt de schakel tussen de BST en de Mobiele SchakelCentrale (MSC). Het bedient één of een aantal BST's (cellen). Tot de taken behoren onder meer het beheer van het radiospectrum en

de distributie van signalerings- en gebruikersinformatie (spraak, data) naar de aangesloten BST's. De BSC is zo ontworpen dat het MSC zoveel mogelijk wordt ontlast van mobiliteits-gebonden functies en routinetaken.

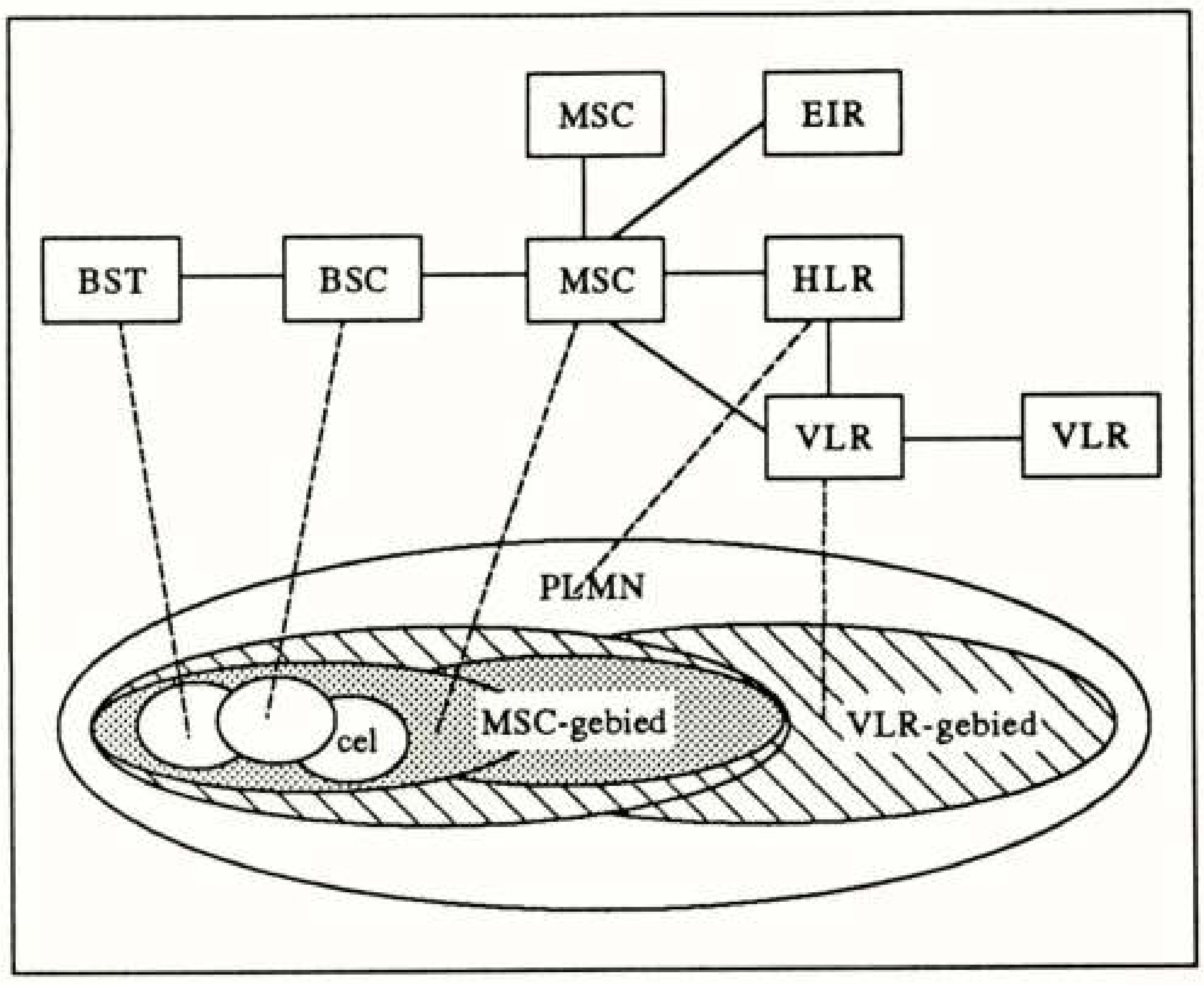


Fig. 2. De netwerkarchitectuur

- *Mobiele SchakelCentrale* (MSC). De MSC kan worden opgevat als een lokale centrale die speciaal is ingericht voor het bieden van de mobiele dienst. Het gebied dat de centrale bestrijkt, wordt het MSC-gebied genoemd. In het algemeen bestaat een landmobiel netwerk uit verschillende MSC-gebieden en bestaat een MSC-gebied uit een aantal cellen. Kijken we naar de verbindingsopbouw, dan vormt de MSC de schakel tussen het radionetwerk en de 'vaste' telecommunicatie-infrastructuur: de openbare telefoon- en datanetwerken.

- *Visitor Location Register* (VLR). Het VLR voorziet de MSC van de abonnee-informatie die het nodig heeft om gesprekken af te handelen. Het is een database die de gegevens bevat van alle abonnees die zich in een bepaald gebied, het VLR-gebied, bevinden. Zo'n VLR-gebied zal in de praktijk met één MSC-gebied samenvallen, maar kan een aantal MSC-gebieden omvatten.

- *Home Location Register* (HLR). Evenals het VLR is het HLR een database. Het bevat de abonneegegevens van iedereen die zich als GSM-abonnee bij een netwerkbeheerder registreert. Functioneel heeft ieder landmobiel netwerk een eigen HLR. Echter in de feitelijke realisatie kunnen er een aantal HLR's aanwezig zijn. Dit is afhankelijk van bijvoorbeeld de capaciteit van het HLR, de structuur van het netwerk en het aantal abonnees.

- *Equipment Identity Register* (EIR). Het EIR bevat de apparatuuridentiteiten van de GSM-toestellen en hun status.

Naast de bovengenoemde netwerkelementen kunnen er nog andere functionele eenheden bestaan, zoals authenticatiecentra ten behoeve van de toegangsbeveiliging en beheerscentra ten behoeve van het netwerkbeheer.

De lokatieregisters HLR en VLR zijn karakteristiek voor GSM. Zij bevatten zowel de abonneegegevens als informatie over de plaats (lokatie) waar een gebruiker zich bevindt. Zij maken het zwerven van de abonnee mogelijk, zowel nationaal als internationaal. In 'vaste' communicatie is in het algemeen de abonnee-informatie op één plaats opgeslagen (de lokale centrale); in GSM verplaatst de abonnee-informatie met de gebruiker mee door het netwerk: als een gebruiker zich verplaatst naar een nieuw VLR-gebied, verplaatsen ook zijn gegevens naar het nieuwe VLR. Hierdoor verblijft de abonnee-informatie zo dicht mogelijk bij de gebruiker waardoor de meeste signalering (tussen VLR en MSC) zoveel mogelijk lokaal kan worden afgehandeld.

5. Netwerkfuncties

5.1. Lokatieregistratie en routering

In de 'vaste' telecommunicatie komen nummer en lokatie overeen; oproepen kunnen direct worden gerouteerd volgens het door de oproeper gekozen nummer. In mobiele communicatie kan hiervan geen sprake zijn omdat de plaats waar de abonnee met het netwerk verbonden is, voortdurend verandert. Om toch een (binnenkomende) oproep naar het MS te kunnen routeren, moet het netwerk de plaats bijhouden waar de abonnee zich bevindt. Deze functie wordt lokatieregistratie genoemd. Het stelt het netwerk in staat ten tijde van een binnenkomende oproep de lokatie van een MS te vinden.

Om een MS te vinden, is het netwerk verdeeld in zogenaamde lokatiegebieden. Zo'n gebied wordt gevormd door één of meer aan elkaar grenzende cellen binnen één MSC-gebied. Ten tijde van een binnenkomende oproep wordt door alle BS's in zo'n lokatiegebied een oproepbericht uitgezonden (*paging*). Het MS waarvoor dit bericht bestemd is, zal hierop antwoorden door contact te zoeken met het best bereikbare BS. Vervolgens wordt via dit BS de verbinding opgebouwd. Fig. 3 geeft het verband weer tussen lokatieregistratie en de verbindingsopbouw.

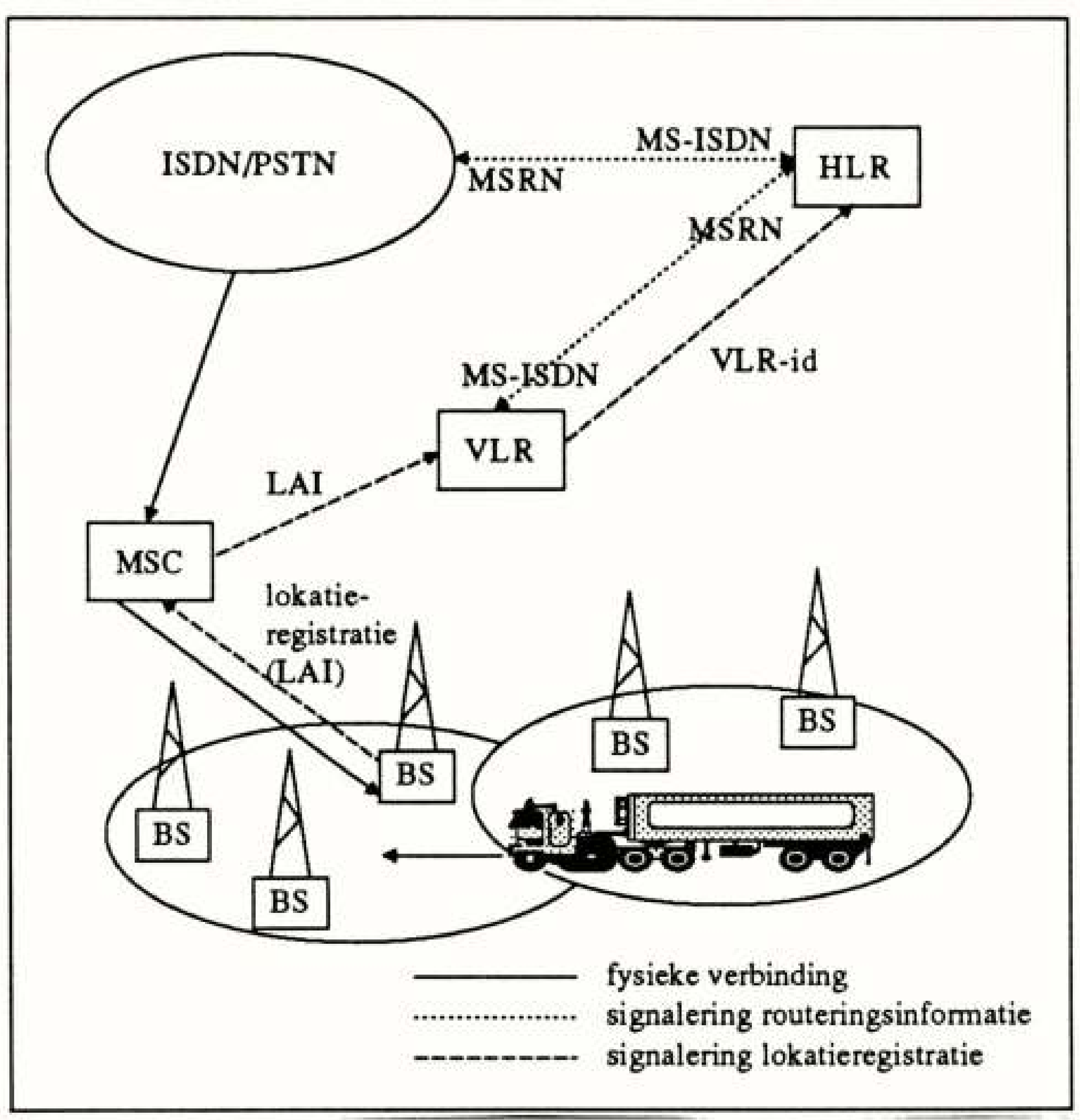


Fig. 3. Het verband tussen lokatieregistratie en verbindingsopbouw

Voor elke abonnee moet het netwerk dus bijhouden in welk lokatiegebied hij zich bevindt. Hiertoe zenden alle basisstations de identificatie van het lokatiegebied uit waartoe zij behoren. Deze identificatie wordt *Location Area Identity* (LAI) genoemd. Het MS beluistert deze continu en bewaart

deze in het interne geheugen. Verandert de door de MS ontvangen LAI, dan heeft de abonnee zich naar een ander lokatiegebied verplaatst. Het toestel zal dan over de radioweg automatisch een signaleringsprocedure beginnen waarin de nieuwe LAI wordt genoteerd in het VLR dat het onderhavige MSC-gebied bedient.

Om ten tijde van een binnenkomende oproep het VLR te kunnen vinden dat de abonnee bedient, wordt de identiteit van het VLR (VLR-id) in het HLR van de abonnee genoteerd. Deze stap vindt alleen plaats als blijkt dat een abonnee zich naar een ander VLR-gebied heeft verplaatst of zich voor de eerste keer registreert. In zo'n geval worden ook zijn abonneegegevens vanuit zijn HLR naar het nieuwe VLR getransporteerd.

Tijdens een binnenkomende oproep vindt het netwerk, aan de hand van het gekozen abonneenummer (in fig. 3 aangeduid met MS-ISDN) het HLR waarin de mobiele abonnee is geregistreerd. Dit is het HLR welke behoort bij de netwerkbeheerder waar de gebelde is geabonneerd. Via dit HLR wordt het VLR ondervraagd waarin de abonnee als bezoeker is genoteerd. Dit kan dus een VLR in een ander land zijn. Dit VLR kent aan het gesprek een tijdelijk abonneenummer toe dat overeenstemt met het nummerplan van het MSC-gebied waar de gebelde abonnee zich op dat moment bevindt. In fig. 3 wordt dit nummer aangeduid als MSRN: *Mobile Subscriber Roaming Number*. Het wordt gebruikt om, in analogie met 'vaste' communicatie, de verbinding naar de MSC te routeren. Nadat de verbinding met de MSC is opgebouwd, wordt een oproepbericht in het lokatiegebied uitgezonden. Dit geschiedt aan de hand van de LAI welke in het VLR is genoteerd. Vervolgens wordt de verbinding tussen MSC en MS gemaakt.

5.2. Hand-over

Als het MS zich tijdens een gesprek verplaatst naar een andere cel, moet de radio verbinding worden overgeschakeld naar het nieuwe basisstation. In fig. 4 is weergegeven hoe een verbinding in het netwerk is gerouteerd nadat hand-over heeft plaatsgevonden tussen twee basisstations behorend tot een verschillend MSC-gebied. Hierin is MSC-A de centrale waarmee het MS was verbonden vóór de hand-over. In de afbeelding is te zien dat de oproep ook na hand-over via deze centrale gerouteerd blijft. Ook de controle over de oproep blijft in dit MSC. Deze situatie blijft gehandhaafd, ook als er vervolgens weer hand-over plaatsvindt naar een andere MSC. In zo'n geval wordt er echter wel een nieuwe verbinding opgebouwd tussen MSC-A en de nieuwe MSC en wordt de verbinding met MSC-B afgebroken.

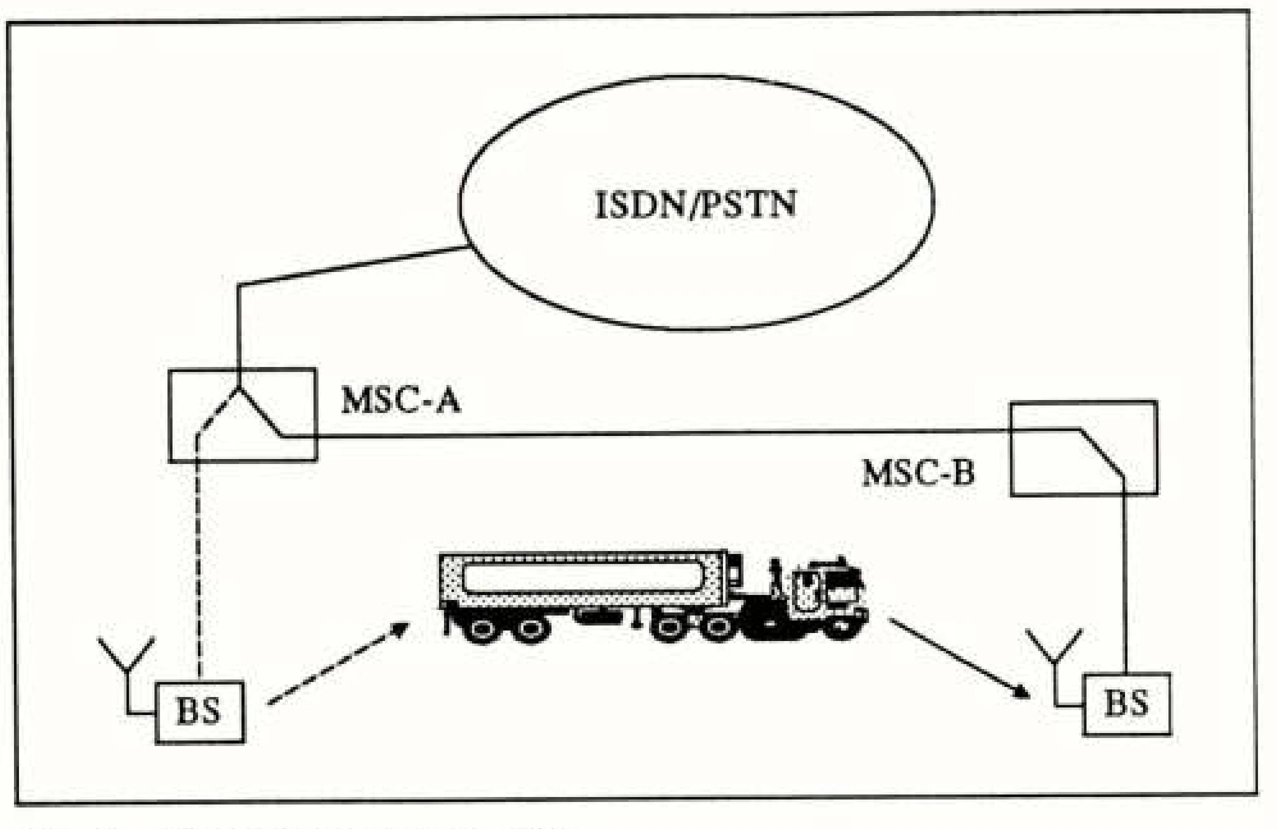


Fig. 4. Hand-over tussen MSC's

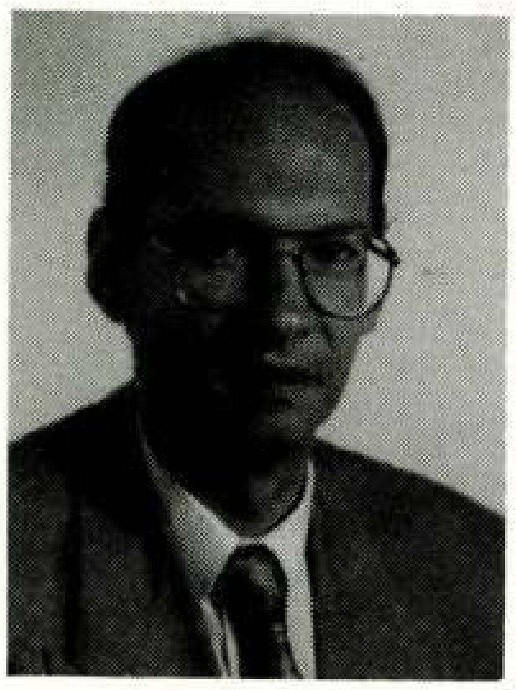
Een nadeel van deze procedure is dat de controle over de oproep in MSC-A blijft. Om deze reden is er geen hand-over mogelijk tussen landmobiele netwerken van verschillende netwerkbeheerders zoals in grensstreken het geval kan zijn.

Voordracht gehouden tijdens de 402e werkvergadering.

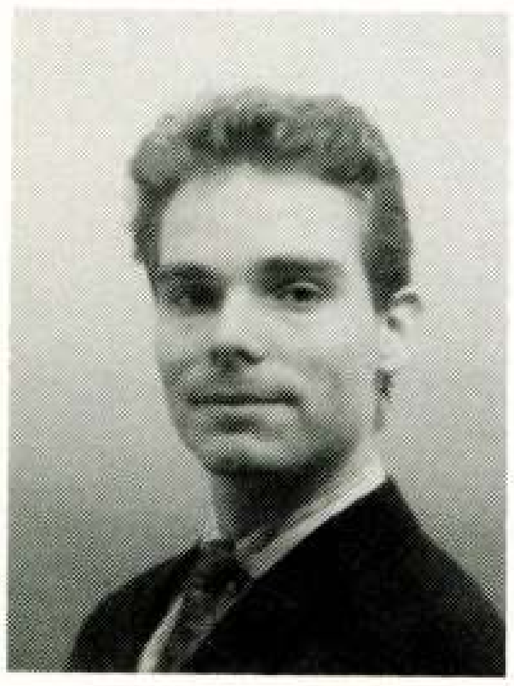
NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
401e werkvergadering

UITNODIGING voor de lezingenmiddag van het NERG op dinsdag 2 juni 1992 bij Ericsson Radio Systems, Nieuw Amsterdamsestraat 40, 7814 VA Emmen.

THEMA: KOORDLOZE TELECOMMUNICATIE



A VAN ARDENNE



M. J. J. VAN NIELEN

PROGRAMMA:

15.00 - 15.15 uur:	Ontvangst en koffie
15.15 - 15.35 uur:	Overzicht on-site en wide area paging **IR. A VAN ARDENNE,** Ericsson Radio Systems BV
15.35 - 16.20 uur:	Rondleiding fabriek Ericsson Emmen
16.20 - 16.40 uur:	Overzicht draadloze telefonie **IR. G. KLEIN WOLTERINK,** Ericsson Business Mobile Networks BV
16.40 - 17.00 uur:	Pauze
17.00 - 17.20 uur:	Radio-aspecten van DECT **MW. ING. E. HARREVELD,** PTT Telecom Netwerkbedrijf
17.20 - 17.50 uur:	Netwerkondersteuning voor koordloze systemen - een extra dimensie **IR. M. J. J. VAN NIELEN,** PTT Research
17.50 - 18.10 uur:	Borrel

Aanmelding voor deze dag dient te geschieden vóór 26 mei aanstaande door middel van de aangehechte kaart, gefrankeerd met een postzegel van 60 cent.

Het aantal deelnemers is beperkt tot 50. Tijdstip van ontvangst van aanmelding is beslissend voor deelname. Als blijkt dat u wegens overtekening niet kunt deelnemen, ontvangt u hierover van ons bericht.

Leden van NERG en studenten hebben gratis toegang. De kosten van deelname voor niet-leden bedragen f.15,00. Betalingen dienen vóór 26 mei te zijn ontvangen op girorekening 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Postbus 39, 2260 AA Leidschendam.

Ericsson Radio Systems BV Emmen is te bereiken zoals aangegeven op de plattegrond op de achterzijde van dit convocaat.

Namens het NERG,
Ir. P. R. J. M. Smits,
programmacommissaris
Tel. 070 - 3325112
(administratie NERG)

Leidschendam, april 1992.

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

Ir. G.M.A.L. Bergkamp		
NEL 25-23630 4035 Ikebe-cho Middri-kv Yokohama		
Ir. R.G.H. Eschauzier	Dahliastraat 36	3333 GH Zwijndrecht
Ir. A.W. Folmer	Noord Buitensingel 31	5911 EL Venlo
Ir. J.P.F. Glas	Amer 22	3232 HA Brielle
Ir. R.J. Hoefnagel	C. Ritsemastraat 9	2642 CD Pynacker
Ir. R.J. Kopmeiners	Beatrixstraat 13	7511 KN Enschede
Ir. M.A. Warmelink	Zr. Meijboomstraat 271	2331 PH Leiden

Nieuwe leden

Ir. R. van Amstel	Postbus 18714	2502 ES Den Haag
Ir. C.C. Blaas	G. Van Prinsterenlaan 67	9722 PR Groningen
Ir. A.J. Frensch	Boutenslaan 177	5654 AN Eindhoven
Dr. J.J. Goedbloed	Eversveld 10	5652 HZ Geldrop
Ir. W.J. Holst	Vlindermeent 17	1218 CS Hilversum
Ir. H.J. Huisman	Berg en Dalseweg 209 kamer 56	6522 BK Nijmegen
Ir. P. Kastelein	Paulus Potterlaan 7	3401 NC IJsselstein
Ir. E. Kooistra	Leppa 70	9204 JH Drachten
Dr.Ir. J.P.M.G. Linnartz	3001 Derbystreet Unit L Berkeley CA 94705 USA	
Ir. W. Muijs	Goudvink 8	3752 NP Bunschoten
Ir. A.H. Schaaf	Bastinglaan 1	2514 GP Delft
Ing. J.F.H. Toussaint	Burg. v. Deelensingel 56	5941 BD Velden
Ir. R.L. van der Valk	Theresiastraat 4	2628 GP Delft
Ir. A. Versluis	Annastraat 22	7543 TP Enschede
G.J.A. Vogelaar	Klarinet 14	3766 GT Soest

Nieuwe adressen van leden

Ir. H.J.M. Bastiaansen	Oudemanstraat 75	2522 SE Den Haag
Ir. W. Boterman	Van Bourgondielaan 38	4333 LR Middelburg
Ir. G.P. den Braber	Robert Stolzlaan 80	5654 RT Eindhoven
Ing. A.M. Brussaard	Maria van Reigersbergstraat 7	4352 AK Gapinge
Ir. H.N. Carbiere	Wilgendreef 293	2272 ET Voorburg
Ir. J.H.P. Diederen	Hemelrijken 129 B	5612 LC Eindhoven
Ir. T. Hamoen	Vlietkade 7	2761 DV Zevenhuizen
Ir. P.J. Haubrich	Weiherhofer Hauptstrasse 81 D-8502 Zirndorf	Weiherhof Germany
Ir. F.J. Hofman	Dorpstraat 15	2761 AB Zevenhuizen
Ir. R.A. Hogendoorn	Tesselschadestraat 49	8023 BJ Zwolle
Ir. F.W. Hold	Hoog Buurloseweg 4	7339 EK Ugchelen
Ing. J.M.L. Hruschka	Nijkerkerstraat 2	3882 PG Putten
Ir. J. Jacobs	Adelaartlaan 25	5665 CV Geldrop
Ing. A.C. van der Jagt	Zalm 28	2986 PC Ridderkerk
Ir. J.A. Kegel	Ko Arnoldistraat 33	7558 TX Hengelo
Ir. J. Mulder	Johan van Galenplantsoen 17	7461 GL Rijssen
Ir. B.J.P. van der Peet	Boomsluiters 19	8334 MX Tuk
Ir. J.R. Reynders	Dopperstraat 68	3752 JH Bunschoten
Ir. H.F. Sikkema	Aalsmeerderdijk 680	1435 BZ Rijssenhout
Ir. F.P. Sijtsma	Goudvink 16	3766 WL Soest
Ir. F. Tol	Westernisse 6	5663 RH Geldrop
G.J.A. Vogelaar	Munthof 32	5551 XC Valkenswaard
Ir. R.M. Wiegers	Bosboom Toussaintplein 57	2624 DE Delft
Ir. P.A. van Wijk	Wageningseberg 222	3524 LV Utrecht

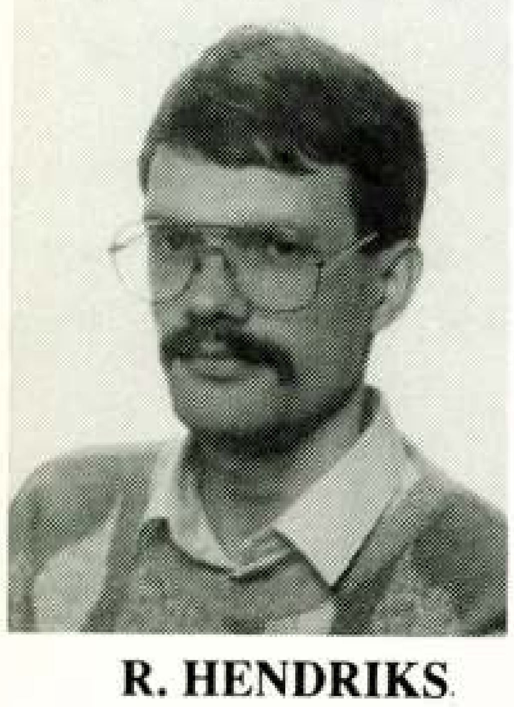
NEDERLANDS ELEKTRONICA- EN RADIOGENOOTSCHAP
402e werkvergadering



R. HAGEDOORN



F. MULLER



R. HENDRIKS

UITNODIGING voor de lezingenmiddag van het NERG op dinsdag 9 juni 1992 in zaal B van het gebouw voor Elektrotechniek van de Technische Universiteit Delft, Mekelweg 4, Delft.

THEMA: HET GSM-SYSTEEM VOOR PAN-EUROPESE AUTOTELEFONIE

Tijdens deze werkvergadering zal de Vederprijs worden uitgereikt.

PROGRAMMA:

15.00 - 15.15 uur: Ontvangst en koffie

15.15 - 15.30 uur: Uitreiking Vederprijs

15.30 - 16.15 uur: De ontwikkeling van de GSM-standaard en van regelingen tussen GSM-operators
ING. R. HAGEDOORN, PTT Telecom, Mobiele Telecom Netten

16.15 - 17.00 uur: Spraakcodering in het GSM-systeem
IR. F. MULLER, PTT Research

17.00 - 17.30 uur: Pauze

17.30 - 18.15 uur: Radio-aspecten van GSM
IR. R. HENDRIKS, PTT Research

18.15 - 19.00 uur: Netwerkaspecten van GSM
A. WILHELMUS, PTT Research

19.00 uur: Sluiting

Aanmelding voor deze dag dient te geschieden vóór 2 juni aanstaande door middel van de aangehechte kaart, gefrankeerd met een postzegel van 60 cent.

Het aantal deelnemers is beperkt tot 100. Tijdstip van ontvangst van aanmelding is beslissend voor deelname. Als blijkt dat u wegens overtekening niet kunt deelnemen, ontvangt u hierover van ons bericht.

Leden van NERG en studenten hebben gratis toegang. De kosten van deelname voor niet-leden bedragen f 15,00. Betalingen dienen vóór 2 juni te zijn ontvangen op girorekening 94746 t.n.v. Penningmeester NERG, Postbus 39, 2260 AA Leidschendam.

Namens het NERG,
Ir. P. R. J. M. Smits,
Programmacommissaris
Tel. 070 - 3325112
(administratie NERG)

Leidschendam, april 1992.

Conferentie-aankondigingen

PATO

Management van technische innovatie; 10, 11 en 12 november 1992 in Oisterwijk.

Theorie en toepassingen van kunstmatige neurale netwerken; 16, 17 en 18 november 1992 in Enschede.

Elektronische instrumentatie; 3, 10, 17 en 24 november 1992 in Eindhoven.

Elektro-magnetische compatibiliteit; 19, 20, 26, 27 november en 3 en 4 december 1992 in de Technische Universiteit Eindhoven.

Contactadres: Stichting PATO, Prinsessegracht 23; Postbus 30424, 2500 GK Den Haag. Tel. 070-3644957. Fax 070-3562722.

Image 'com 93; 23, 24 en 25 maart 1993; Bordeaux Palais de Congrès.

Contactadres: Adera, image 'com 93; BP 48, 33166 Saint-Medard-en-Jalles-Cedex, France. Tel. (33)56706856. Fax (33)56959883.

The 4th IEE conference on telecommunications; 18-21 april 1993; The armitage centre, University of Manchester U.K.

Contactadres: Miss Jane Chopping, IEE, Savoy Place, London WC 2R OBL, U.K. Tel. 071 240 1871. Ext. 222. Fax 071 497 3633.

Third international conference on artificial neural networks; 25-27 mei 1993; Brighton U.K.

Contactadres: Sheila Griffiths, ANN 93 secretariat, IEE Conference Services; Savoy Place, London WC 2R OBL, U.K. Tel. 071 240 1871. Ext. 222. Fax 071 497 3633.

Concept programma NERG najaar 1992

WV 406

24 november – dagbijeenkomst

Rol van research in een veranderende wereld

Creatief management van onderzoek

Natuurkundig Laboratorium, N.V. Philips, Eindhoven

WV = werkvergadering, uitsluitend voor NERG-leden;

WV+ = werkvergadering, voor NERG-, AES- en IEEE-leden;

WB = werkbezoek, uitsluitend voor NERG-leden;

JV = jaarvergadering, uitsluitend voor NERG-leden;

SMR = seminar.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 57 – nr. 4 – 1992

Druk: de Witte, Eindhoven.